UCL
Proyecto Rapa Nui Paisajes de Construcción

(LOC14)



Análisis paleoambientales de paleosuleos del Ahu Hati te Kohe en la península de Poike

Rob Scaife y Charles French

UCL Rapa Nui Landscapes of Construction

El Proyecto Rapa Nui Paisajes de Construcción (LOC) está basado en el Institute of Archaeology, University College, Londres, y está dirigido por Sue Hamilton, UCL, en colaboración con Felipe Armstrong, Universidad Alberto Hurtado, y Tiki Astete, investigadora Rapanui. El trabajo de campo es supervisado por Mike Seager Thomas, también de UCL.

En la Isla, LOC trabaja en colaboración con los ancianos y los jóvenes Rapanui y en estrecha cooperación con STP Rapa Nui, Ma'u Henua, el Museo Antropológico P. Sebastián Englert (MAPSE) y la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Rapa Nui.

El objetivo principal del proyecto es investigar las actividades constructivas relacionadas con las famosas estatuas prehistóricas de la isla, analizando la arquitectura de forma holística. Estas actividades constructivas, que incluyen las labores de cantería, el transporte y la instalación de las estatuas, son consideradas en términos de obtención de recursos, organización social e ideología.

El proyecto no tiene como objetivo único la reconstrucción del pasado de la isla, sino también contribuir a la "arqueología viva" de su actual comunidad. Para la comunidad, la arquitectura es una parte integral de su identidad, y juega un papel esencial en la explotación contemporánea de la isla. LOC trabaja con la comunidad Rapanui, ofreciendo formación y asistiendo en el registro, la investigación y la conservación de su espectacular pasado arqueológico.


2017–2018

Contenidos

Análisis paleoambientales de paleosuleos del Ahu Hati te Kohe en la península de Poike

2017–18

Rob Scaife[1] y Charles French[2]

Introducción

En enero de 2016, por solicitud y en discusión con STP/CMN Rapa Nui, y en conversaciones con CONAF Rapa Nui, Sonia Haoa (investigadora Rapanui), y nuestra contraparte chilena, Francisco Torres Hochstetter de MAPSE, el proyecto *UCL Rapa Nui Landscapes of Construction* llevó a cabo una evaluación detallada de la evidencia arqueológica y su contexto de erosión en un área de aproximadamente 500x500 m^2 alrededor de los Ahu Hati te Kohe y Viri Viri o Tumu, en el suroeste de la península de Poike, Rapa Nui (LOC 2016). Además de describir e interpretar los hallazgos, nuestro informe preliminar de este trabajo evaluó la amenaza al registro arqueológico que supone la erosión del suelo en la zona, en particular a los *ahu* mencionados anteriormente. A partir de ello, se discutió las posibilidades de conservación y manejo de estas estructuras.

Desde nuestra perspectiva, ambos *ahu*, así como secciones de sedimento expuestos, tenían el potencial de conservar material medioambiental relevante para su interpretación, el cual se encontraría en riesgo de destrucción inminente. En concordancia con ello, se recomendó un programa de intervención arqueológica, comenzando con la toma de muestras de sedimentos detrás de los *ahu* y en las secciones de sedimentos cercanas, y que continuara con excavaciones selectivas en ambos *ahu*. El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos con el análisis de las muestras medioambientales obtenidas.

La solicitud formal para la toma de muestras para la primera etapa de nuestro programa fue hecha a STP/CMN Rapa Nui a fines de octubre de 2016, y a CONAF a principios de noviembre de 2016. La respuesta positiva a esta solicitud fue entregada en enero de 2017 por parte de STP/CMN Rapa Nui

[1] Geography and Environment, University of Southampton, Highfield, Southampton SO17 1BJ
[2] McBurney Laboratory, Department of Archaeology, University of Cambridge

y CONAF, luego de que nuestra propuesta fuera discutida y aceptada por CAMN.

El objetivo del programa de toma de muestras fue recuperar sedimentos para evaluar su potencial información palinológica y recuperar fitolitos. Asimismo, los análisis palinológicos, de fitolitos y micromorfología de las columnas de suelo permitirían obtener información sobre el contexto medioambiental de los dos *ahu* y el área prospectada en general.

Se propusieron ocho ubicaciones para la toma de muestras: dos directamente asociadas con el Ahu Hati te Kohe (ubicaciones de muestra P1_S1 y P1_S2), dos directamente asociadas con el Ahu Viri Viri o Tumu (Ubicaciones de muestra P1_S3 y P1_S4), una en las cercanías de Ahu Viri Viri o Tumu y estratigráficamente más profunda que el *ahu* (ubicación de muestra P1_S5), una sobre un promontorio de sedimentos frente al Ahu Viri Viri o Tumu que habría estado protegido por un sitio hoy desaparecido (ubicación de muestra P1_S6), una bajo sedimento coluviales en la esquina noroeste del área prospectada (ubicación de muestra P1_S7), y otra en un surco dejado por el escurrimiento de agua en las cercanías del Ahu Hati te Kohe (ubicación de muestra P1_S8) (**Tabla 1**). Sin embargo, debido a los daños ocasionados en el área de estudio por las lluvias de verano de ese año, debido al fenómeno de La Niña, en enero de 2017 se decidió reevaluar la ubicación de las muestras. Así, se estimó como no viable la toma de muestras en P1_S3 y P1_S6 debido a que no se pudo establecer con certeza que la ubicación no hubiese sido disturbada y que presentara material paleoambiental. Asimismo, la ubicación P1_S4 se estimó como no viable sin una excavación arqueológica. La toma de muestras, por tanto, no se realizó en estas tres ubicaciones. Por razones logísticas, y no arqueológicas, se decidió no tomar muestras en P1_S7. Las otras cuatro ubicaciones fueron consideradas como viables, e incluso, las ubicaciones P1_S1 y P1_S8 parecieron aún más pertinentes, debido al lavado y corte generado por las mismas lluvias.

Las muestras fueron tomadas por el Doctor Rob Scaife de la Universidad de Southampton, Reino Unido, con la ayuda de María Gabriela Atallah (STP/CMN), Isaías Hey González (estudiante de arqueología de la Universidad SEK) y Mike Seager Thomas (UCL, Reino Unido). Estuvieron presentes durante la toma de muestras de las ubicaciones P1_S1, P1_S2 y P1_S5 Sonia Haoa C., como representante de la CAMN, y dos guardias de CONAF. María Gabriela Atallah de STP/CMN Rapa Nui, y Francisco Torres H. de MAPSE estuvieron presente durante la toma de muestras de las cuatro ubicaciones, así como la directora del proyecto *UCL Landscapes of Construction,* Doctora Sue Hamilton, también de UCL, Reino Unido. Los informes de la toma de muestras (en Español e Inglés), fueron entregados a STP/CMN y a CONAF Rapa Nui en abril de 2017 (LOC 2017).

SH y MST

Ubicación de la muestra	Referencia GPS	Nombre del sitio	LOC 2016 números de rasgo	Código de muestra	Tipo de muestra	Motivo del muestreo	Cantidad	Peso (gms)	Caja
P1_S1	0675109/6999778	Ahu Hati te Kohe	39	P1_S1 A	bloque de sedimentos	análisis de micromorfología de suelo y polen	1	2.320	1
P1_S1	0675109/6999778	Ahu Hati te Kohe	39	P1_S1 B	sedimentos sueltos	análisis de polen	5 bolsas 60x60mm	88,3	2
P1_S2	0675112/6999771	Ahu Hati te Kohe	26, 27	P1_S2 A	bloque de sedimentos	análisis de micromorfología de suelo y polen	1	2.900	1
P1_S2	0675112/6999771	Ahu Hati te Kohe	27, 40	P1_S2 B	bloque de sedimentos	análisis de micromorfología de suelo y polen	1	2.210	1
P1_S2	0675112/6999771	Ahu Hati te Kohe	26, 27	P1_S2 C	sedimentos sueltos	análisis de polen	4 bolsas 60x60mm	88,3	2
P1_S3	0675089/6999830	Viri Viri o Tumu	n/a	no se extrajeron muestras	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
P1_S4	0675089/6999827	Viri Viri o Tumu	n/a	no se extrajeron muestras	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
P1_S5	0675062/6999826	sin nombre	sin numero de rasgo LOC 2017	P1_S5 A	bloque de sedimentos	análisis de micromorfología de suelo y polen	1	1.490	1
P1_S5	0675062/6999826	sin nombre	sin numero de rasgo LOC 2017	P1_S5 B	bloque de sedimentos	análisis de micromorfología de suelo y polen	1	2.190	2
P1_S5	0675062/6999826	sin nombre	sin numero de rasgo LOC 2017	P1_S5 C	sedimentos sueltos	análisis de polen	9 bolsas 60x60mm	88,3	2
P1_S6	0675032/6999854	sin nombre	n/a	no se extrajeron muestras	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
P1_S7	0674911/6999766	sin nombre	n/a	no se extrajeron muestras	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
P1_S8	0675077/6999628	sin nombre	28, 41, debajo de 41 (sin numero de rasgo LOC 2017)	P1_S8 A	bloque de sedimentos	análisis de micromorfología de suelo y polen	1	1.980	2
P1_S8	0675077/6999628	sin nombre	debajo de 41 (sin numero de rasgo LOC 2017)	P1_S8 B	bloque de sedimentos	análisis de micromorfología de suelo y polen	1	2.340	2

Tabla 1

Muestras de sedimentos de Poike, Proyecto LOC. Enero 2017

Análisis de polen de paleosuelos de la península de Poike

por Rob Scaife

1. Introducción

Desde los pioneros estudios de polen de Flenley y King (1984) sobre los rellenos de sedimento de los lagos de cráteres volcánicos, se han llevado a cabo otros análisis, los que han examinado la cambiante vegetación de Rapa Nui. En particular, se han enfocado en el impacto humano y en la desaparición del bosque dominado por la Palma de Isla de Pascua (*Paschalococos disperta)* (Flenley 1979, 1993, 1996; Flenley *et al.* 1991, Flenley y Bahn 2007a, 2007b; Hunter-Andersen 1998; Hunt 2006, 2007; Mieth y Bork 2010). Otros estudios de polen han continuado enfocándose en las secuencias sedimentarias de los tres volcanes Rano Aroi, Rano Kao and Rano Raraku (Flenley *et al.* 1991; Flenley y Butler 2018; Horocks *et al* 2013). Sin embargo, ha habido pocos estudios de ambientes menos favorables para la preservación de polen, como suelos contemporáneos y suelos fósiles (paleosuelos). Estos últimos se pueden encontrar bajo los monumentos (*ahu* y sus *moai*), pudiendo entregar información sobre la vegetación que creció en los sitios inmediatamente antes de su construcción. Donde la preservación de polen es pobre, los fitolitos de plantas han jugado un rol importante en la comprensión de la vegetación y el uso de la tierra pasados en islas (Cummings 1998; Delho y Orliac 2010; Horrocks y Wozniak 2008; Bowdery 2015; Khamnueva *et al.* 2018).

La información presentada acá proviene del análisis de este tipo de paleosuelo, asociado con el Ahu Hati te Kohe, un monumento que actualmente sufre una severa erosión y degradación. Debido a la extrema erosión del sitio, el paleosuelo fue muestreado antes de la pérdida total de este monumento y sus valiosos contextos paleoambientales asociados. Así, el objetivo inicial fue establecer si había en la muestra polen sub-fosil, esporas y otros microfósiles tales como fitolitos y esporas de hongos. De ser así, su presencia daría cuenta de la importancia de tomar muestras y archivar estos perfiles de suelo para su análisis futuro antes de la destrucción del monumento. Los resultados de este estudio inicial fueron exitosos, y muestran que el análisis de este tipo de paleosuelos puede entregar información de la paleo vegetación del ambiente en el cual se construyeron los *ahu*.

También de examinó un perfil de suelo probablemente más reciente, para compararlo con el suelo pre-*ahu*. Análisis de polen y fitolitos se llevaron a cabo en estos perfiles de suelo en conjunto con estudios de micromorfología de suelo llevados a cabo por el Profesor Charles French (ver más abajo). Esta aproximación combinada permitió establecer la cercana contemporaneidad de los suelos pre-monumentos y la información paleoambiental con la construcción de los *ahu*.

2. Sitios de polen y fitolitos y muestreo

Los perfiles P1_S1 y P1_S2 (**Figura 1**), se tomaron de los paleosuelos física y estratigráficamente debajo y, con suerte, contemporáneos a la construcción del Ahu Hati te Kohe. Estos dos perfiles se encuentran notoriamente dominados

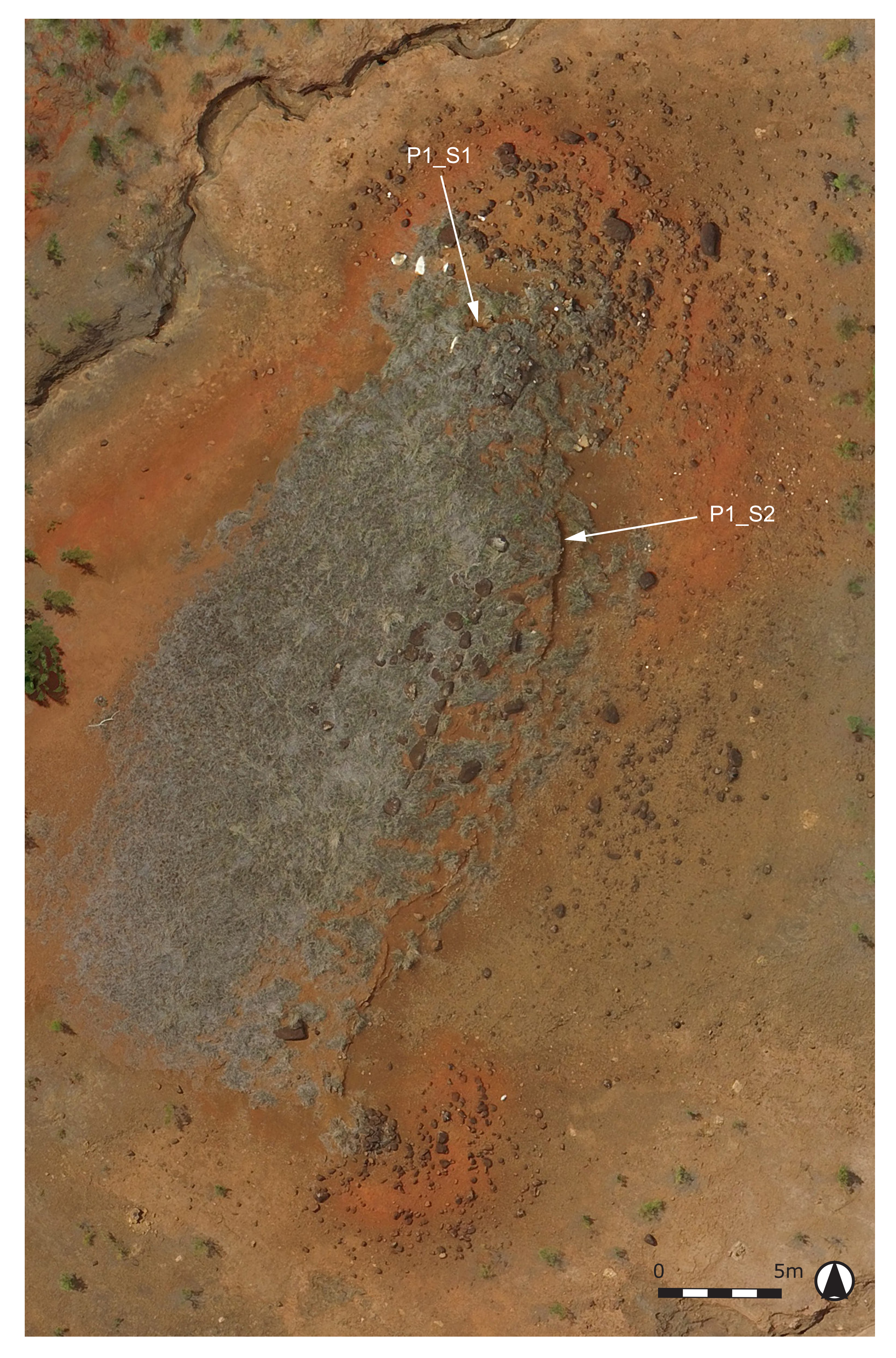


Figura 1

Ahu Hati te Kohe. Ubicación de las muestras

por polen de palmas (Palmae). El tercer perfil descrito aquí, P1_S8a es de un perfil más reciente, y contrasta notablemente con los perfiles anteriores, al estar dominado por polen de Poaceae (pastos) con mucho menos polen de palma. En estos perfiles hay una limitada diversidad de taxones de polen. Sin embargo, las esporas de Pteridofitas son abundantes y los taxones, relativamente diversa. Se ha obtenido fitolitos (sílica vegetal biogénica) del perfil P1_S1, pero no en los otros dos perfiles. Las técnicas de laboratorio utilizadas para la extracción del polen y fitolitos se detallan en los **Apéndices 1** y **3** y algunas notas sobre la morfología y taxonomía del polen se entregan en el **Apéndice 2**.

Los sedimentos de otros dos perfiles, P1_S5 y P1_S8b fueron también examinados (ver French, más abajo), pero ninguno presentó polen, esporas o fitolitos adecuadamente preservados para un análisis significativo.



Figura 2

Ubicación de muestra P1_S1

2.1 Ahu Hati te Kohe; Perfil P1_S1

Este perfil fue tomado directamente desde debajo de una de las grandes piedras estructurales del *ahu* (**Figura 2**). Esto se hizo para proveer un contexto sellado y minimizar la posibilidad de contaminación por vegetación posterior, y su alteración. El paleosuelo en el perfil P1_S1 ha sido truncado, probablemente durante la construcción del *ahu*, siendo removido el horizonte orgánico A, y dejando la mitad inferior de del perfil del suelo, o el horizonte Bw, intacto. En contraste, el perfil P1_S2 es un perfil más completo (ver sección 2.2).

Se encontraron dos tipos de Palmae (**Apéndice 2**), siendo el tipo 1 el dominante, con porcentajes cercanos al 95% del total del polen. Este taxón se referiría la Palma extinta de Isla de Pascua (*Paschalococos disperta*). Una segunda variedad de Palma (tipo 2) representa hasta un 24% de los

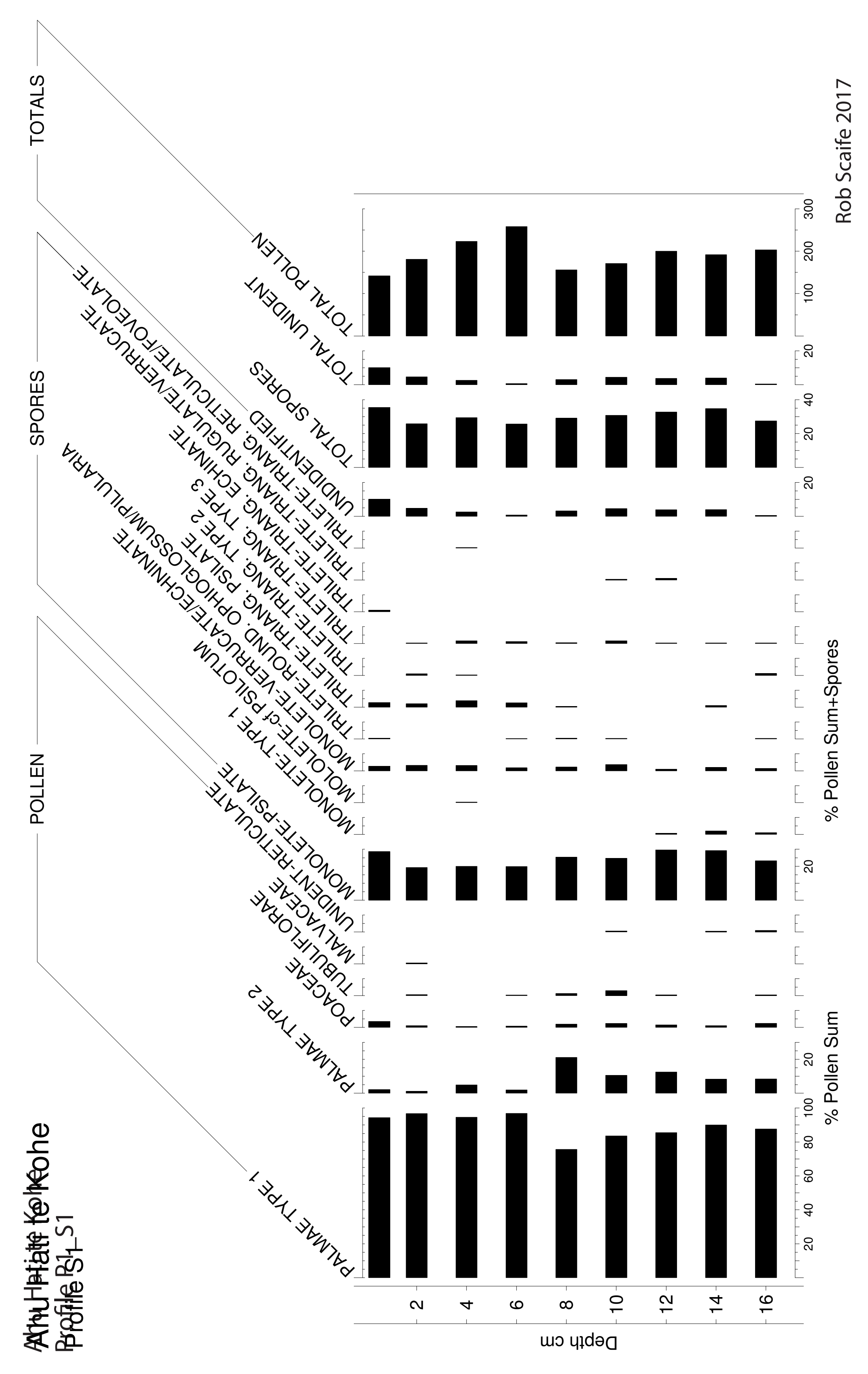


Figura 3

Muestra P1_S1, perfil de polen

8-10cm. inferiores del perfil, con valores reducidos en las partes altas (hasta 5%). Otra taxón de polen incluye escasa cantidad de Poaceae (hasta 4%), y esporádicos casos de Asteraceae (Tubuliflorae) y Malvaceae. Esta última podría corresponder a la endémica Hau Hau (*Triumfetta semitriloba*) y un arbusto diagnóstico del sotobosque pajo las Palmas o palo de rosa del Pacífico (*Thespesia populnea*). Los fitolitos de palmas también fueron encontrados en este perfil, aunque no han podido ser identificadas al nivel taxonómico. Sin embargo, es posible que sean de *Paschalococos disperta* (Arecaceae) (**Figura 3**).

Las esporas de Pteridofitas son en su mayoría de formas monoletes (hasta un 29% de sum + esporas) (to 29% of sum + spores) las cuales, con algunas pocas excepciones, tienden a no ser identificables en términos genéricos cuando las condiciones de preservación son pobres; esto es, cuando el *perine* ha sido destruido. Otras formas monoletes incluyen menores cantidades de Polypodiaceae (verrucate-echinate) y posiblemente *Psilotum*. Esporas de formas triletes incluyen Ophioglossaceae (cf. *Pilularia*), Lycopodiaceae (en formas echinata y foveolata) y tipo 3 y posiblemente *Pteris* (Triangular; Trilete tipo 2). Un taxón distintivo (Trilete; tipo 3; **Figura 8**), se encuentra por ahora sin identificar, pero podría ser referido como Cyathaceae.

Al igual que con las otras secuencias de polen, el perfil es mayormente homogéneo, con algunos canales en toda la sección. Sin embargo, hay una reducción de Palmae tipo 2 y de Poaceae a los 8cm. A la vez, hay un aumento del principal tipo de palma (tipo 1) (**Figura 3**) y de esporas monoletes y algunas triletes. Las esporas monoletes pueden estar dentro de las sumas, aberración estadística con porcentajes que aumentan debido a la reducción de la suma de polen interior de otros taxones de palma. Los valores absolutos de polen no han sido calculados. Estos cambios pueden indicar alteraciones y cambios en la vegetación antes de la construcción de los *ahu*.

2.2 Ahu Hati te Kohe; Perfil P1_S2

Este perfil se tomó del paleosuelo inmediatamente detrás del Ahu Hati te Kohe, y se puede ver en la **Figura 4**. El paleosuelo se encuentra en los niveles superiors (4cm hacia abajo) del perfil B del monolito inferior, y se encuentra cubierto por material coluvial. El polen en el material Bw erosionado-coluvial fue escaso o no existente, pero sí se encontró en el perfil de suelo Ah-Bw más abajo.

Palinológicamente, el perfil es muy similar al P1_S1, aunque la fluctuación notada en el tipo 2 de Palmae no es evidente de manera tan clara. Hay una escasa fluctuación en los valores de los taxones principales de polen y esporas. Palmae (tipo 1; *Paschalococos disperta*), presenta altos valores (95% del total de polen) con menores cantidades de Palmae tipo 2 (hasta 6%). Tal como con el perfil P1_S1, se encontraron casos esporádicos de Poaceae, Asteraceae (Tubuliflorae) y Malvaceae (cf. *Triumfetta semitriloba*) (**Figura 5**).

Los conjuntos de esporas de Pteridofitas son similares a los del perfil 1, con formas monoletes psilata como las más abundantes, junto con monolete Plipodiaceae (helechos). Se evidenció que entre los 10 y 14 cm. aproximadamente, los valores de estos tipos de esporas aumentan sutilmente, especialmente en el grupo vurrucate/echinate (polipodiaceae). Esto corresponde con un aumento en el material vegetal de celulosa de características leñosas, y el material vegetal quemado observado en el

horizonte enterrado de manera cumulativa Ah de este suelo (French, en este reporte).

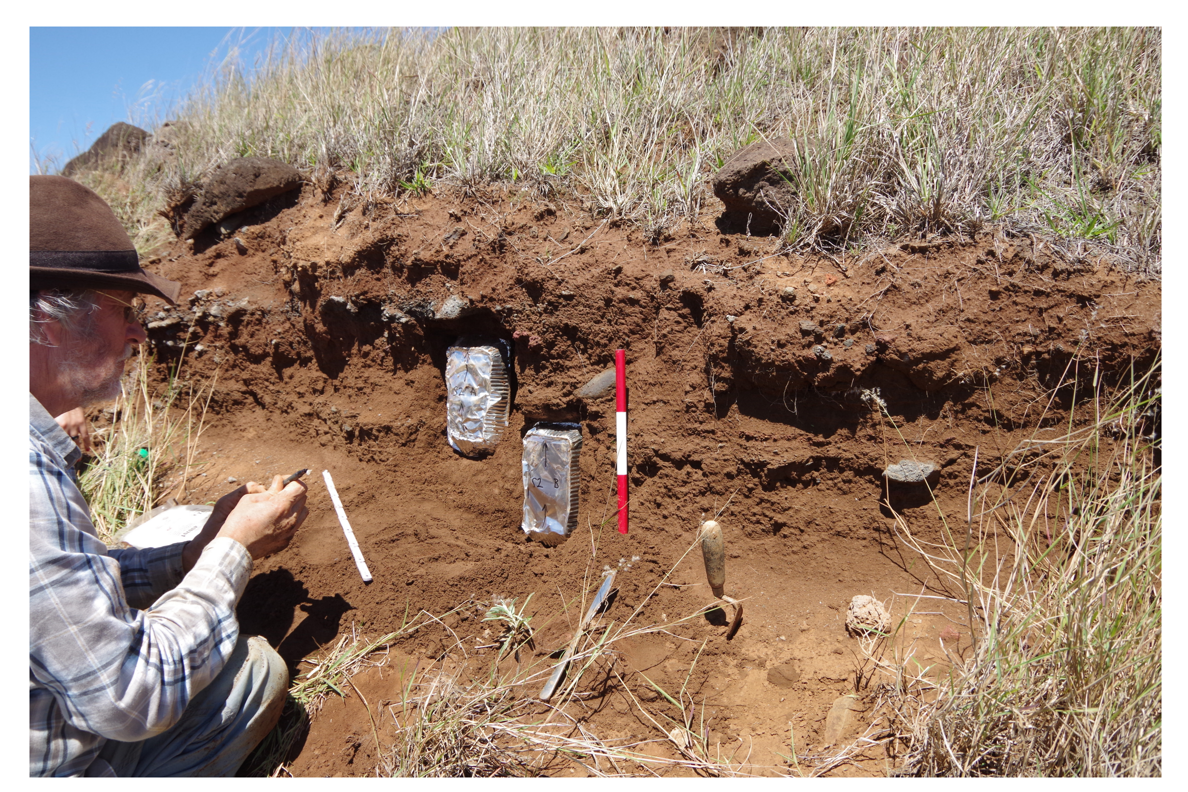


Figura 4

Ubicación de muestra P1_S2

2.3 Perfil P1_S8A

El perfil P1_S8 se tomó del lado de una cárcava de erosión, que presentaba un perfil expuesto en el suelo erosionado tropical (**Figura 6**). El perfil P1_S8a se encuentra en la parte superior de los suelos y fue tomado como comparación a los suelos indudablemente fósiles asociados al Ahu Hati te Kohe; esto es, tanto para el análisis de polen como el de micromorfología de suelo. Se obtuvo polen de esta secuencia más alta y húmica, pero no en el perfil P1_S8B, el cual se encontró mucho más profundo.

Palinológicamente, el perfil (P1_S8a), se diferencia marcadamente del P1_S1 y P1_S2. Aunque se encontró Palmae, Poaceae domina la secuencia de polen general, con valores muy altos de 95-98% del total de polen. Palmae tipo 1 (*Paschalococos disperta*) se encuentra presente con valores fluctuantes, que van desde 1-2% a 16%. Parece haber algunos niveles con mayor abundancia (especialmente 2-4cm. y 8-10cm.). También se encontró Palmae tipo 2, con ausencia en dos de los doce niveles examinados de la muestra. Otros taxones de polen son escasos, con ocasionales casos de Chenopodiaceae y Malvaceae (**Figura 7**).

En contraste con P1_S1 y P1_S2, se encontró un numero sustancial de esporas de hongos/moho (**Figura 7**). Estas esporas ocurren en dos horizontes anchos en el perfil de 0 a 5cm. aproximadamente, con una máxima representación a los 12 y 16 cm. La mayoría de estas esporas son de tipo 1 (**Figura 8.10** y **13**). Hay, sin embargo, escasa cantidad de tipo 2 (**Figura 8.11**–**12**), lo que podría estar asociado con la ruptura de material fecal producto del abono o pajote. El trabajo continúa para la caracterización e interpretación de estas esporas de hongo/moho.

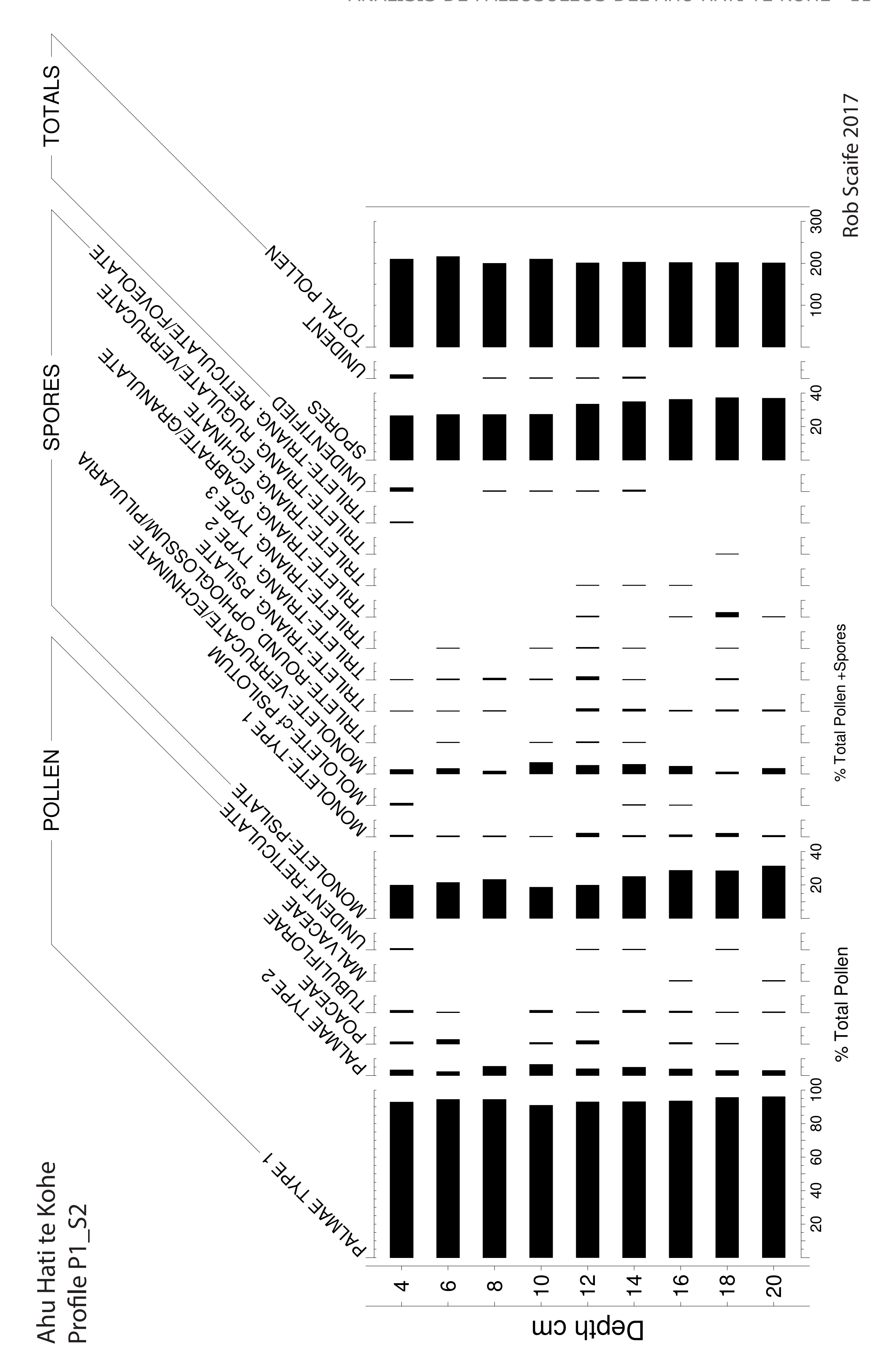


Figura 5

Muestra P1_S2, perfil de polen

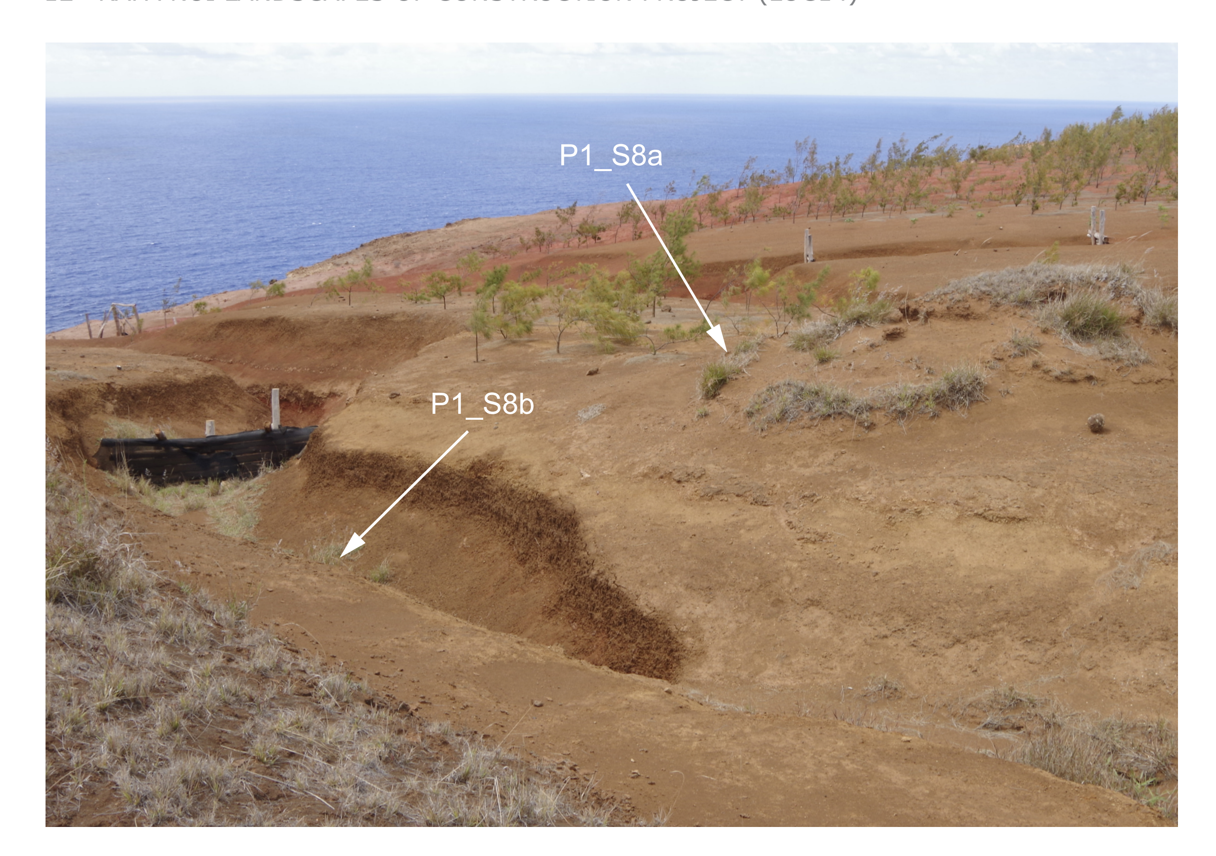


Figura 6

Ubicación de muestra P1_S8

2.4 Una nota sobre el análisis de fitolitos

La sílica biogénica vegetal (fitolitos), al ser mineral tiene ciertas ventajas sobre el polen en condiciones pobres de preservación, tal como el ambiente oxidante de los suelos y sedimentos de Rapa Nui. De esta forma, mientras el polen puede ser completamente destruido, o al menos presentar una preservación diferencial que favorece al polen robusto y tipos de esporas, los fitolitos pueden permanecer. Al igual que con el polen, cuando los fitolitos son recuperados, representan generalmente la vegetación autóctona o de las cercanías, aunque la dispersión en el polvo del viento puede también ocurrir.

Los análisis de fitolitos han sido usados para estudiar contextos en la isla (Cummings 1998; Delho y Orliac 2010; Horrocks y Wozniak 2008; Bowdery 2015; Khamnueva S. *et al.* 2018). La información de fitolitos basada arqueológicamente proviene de los trabajos de Cummings (1998), Horrocks y Worzniak (2008), así como del carbón y polen de Te Niu, Ahu Heki'i y la costa de la Bahía Le Perouse (2014). Dudgeon y Trump (2014), obtuvieron escasa cantidad de fitolitos de palma de los cálculos dentales de dientes excavados en sitios de ahu. Khamnueva *et al*. (2018) también han recuperado fitolitos de Poaceae de pequeñas oquedades rellenas, las que se han interpretado como usadas para producir ocre, y fitolitos de palma de suelos cercanos.

Particularmente importante ha sido la examinación del estatus de Palmae, el cual ha sido ampliamente discutido en estudios de polen y estudios asociados al impacto humano en el bosque nativo. Para esto, Bowdery (2015), ha producido el más detallado análisis de fitolito a través del estudio de muestra de testigos en Rano Kau. En este estudio, usando microscopía de barrido electrónico y con acceso a material moderno global, Bowdery ha identificado seis especies probablemente extintas. Esta información da

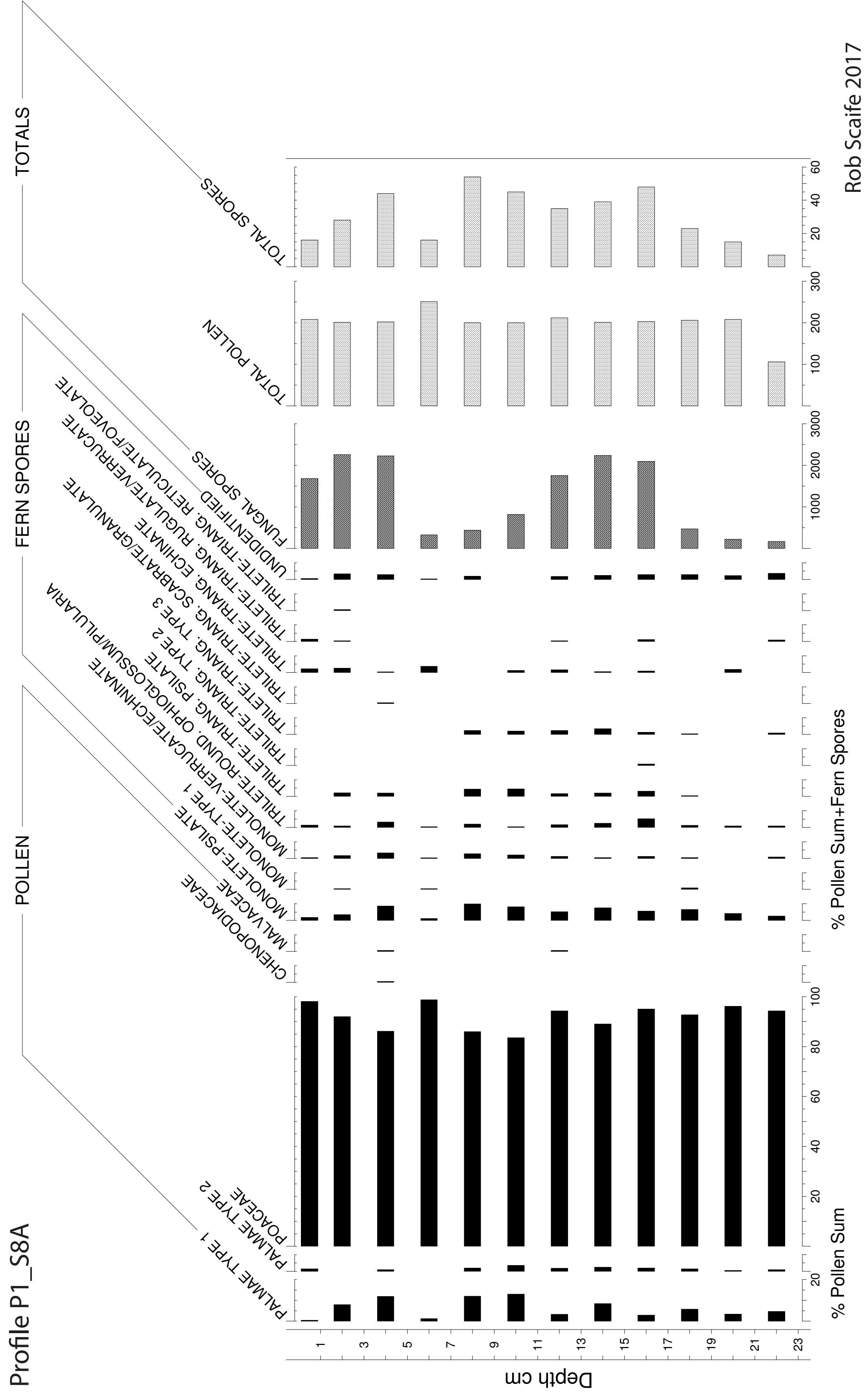


Figura 7

Muestra P1_S8a, perfil de polen

cuenta de la amplia presencia de palmas, posiblemente de más de un tipo. Se ha sabido que las palmas crecieron en Poike a partir de la evidencia de los canales de raíces en suelos tropicales erosionados (Flenley *et al.* 1991; Mieth y Bork 2003; Stevenson *et al.* 2006). Para establecer la posible presencia de un bosque de palmas en el sitio y su relación con Ahu Hati te Kohe, como lo indica el estudio de polen, muestras de P1_S1 y P1_S2 fueron examinadas.

Se recuperaron fitolitos de palma de P1_S1 (**Apéndice 3**), aunque los números no fueron altos. Sin embargo, las cantidades obtenidas son adecuadas para demostrar la presencia de palma en el sitio, corroborando la evidencia de polen sobre la presencia de palmas en y cerca del sitio. No se utilizó SEM y una identificación más detallada como la planteada por Bowdery no se llevó a cabo. No se encontraron fitolitos en el perfil P1_S2, aunque el polen de palma es igualmente importante. Como los fitolitos se encuentran cerca de su fuente, es posible que P1_S2 haya estado justo más allá del crecimiento local. Otra opción, y quizás más probable, es que los fitolitos se hayan disuelto del suelo, el que a diferencia de P1_S1 no estuvo sellado por una piedra estructural del *ahu*.

3. Discusión; la vegetación inferida y el cambio ambiental

La fecha exacta en que ocurrió el cambio del bosque de palma a un ambiente abierto dominado por pastos en la actualidad no es conocida. Sin embargo, se ha datado usualmente entre los siglos 13 y 17 de nuestra era. La información del polen presentada acá da cuenta de amos hábitats. Esto es, una predominancia de palma en los perfiles P1_S1 y P1_S2, asociados al Ahu Hati te Kohe, y un paisaje abierto con algunas palmas en el perfil P1_S8a. La posibilidad de que este ultimo sea una fase transicional se discute a continuación.

3.1 La importancia de las palmas

El fenómeno más discutido del medio ambiente pasado de la Isla de Pascua es la presencia y posterior desaparición de un bosque dominado por palmas. Esto fue demostrado en el trabajo seminal de Flenley en los rellenos sedimentarios de los lagos de los cráteres (Flenley 1993, 1996, Flenley *et al.* 1991, Flenley y Bahn 2007a, 2007b; Dransfield *et al*. 1984) y trabajos posteriores (Hunter-Andersen 1998; Hunt 2006, 2007; Mieth y Bork 2010). Se ha planteado que dicho bosque habría cubierto la isla, o al menos, una parte importante, dentro de un mosaico de vegetación (Rull *et al.* 2010).

Se ha sostenido generalmente que la deforestación, independiente de su causa, habría ocurrido hacia 1100–1200 d.C. (Flenley y Bahn 2007; Mann *et al.* 2008; Mulrooney 2013). Sin embargo, se ha sugerido actividad más antigua, cercana al 700 d.C., por Mieth y Bork (2010), con un posible evento más tardío (Hunt 2006; Hunt y Lipo 2006, 2007). Escritos tempranos de navegantes dan cuenta de áreas de bosques y el uso de hojas de palma como cubierta de casas y para la producción de sombreros (Bowdery 2015, 455). Sorprendentemente, sin embargo, en sus viajes de 1772–1775, Cook no da cuenta de estas palmas. Entre estos extremos, es probable que haya habido un progresivo retroceso de los bosques de palmas, iniciado por los primeros colonizadores y es posible que otros factores se hayan sumado posteriormente a la presión sobre los recursos del bosque.

Sin embargo, es claro que palmas de una variedad de géneros/especies fueron parte del componente vegetacional natural y del hábitat

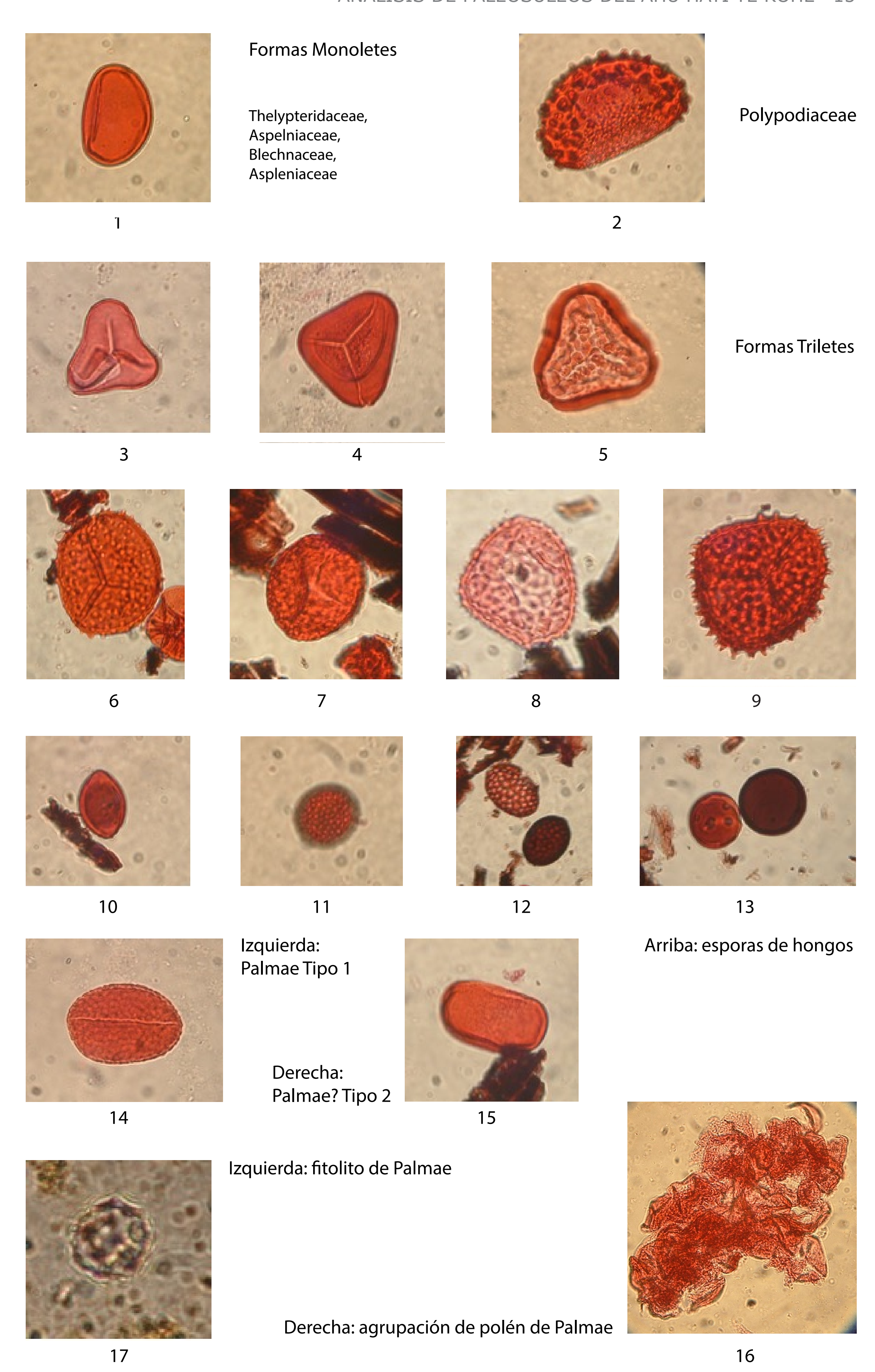


Figura 4

Polen, esporas y fitolitos seleccionados

de Rapa Nui (Rull *et al.* 2010; Bowdery 2015). La idea común de que la deforestación fue completamente antropogénica ha sido puesta en duda, con otras posibles causas posibles, como el cambio climático (McCall 1993; Hunter-Anderson 1998) y la introducción de ratas (Hunt 2006, 2007) como hipótesis creíbles. Estas discusiones especulativas no son discutidas acá, pero Rull *et al.* (2010) entregan una revisión concisa y discuten esto. La importancia de la palma en relación a los monumentos/*ahu* es de particular relevancia.

De gran interés es el momento en que se generó el claro en el bosque en relación con la construcción de monumentos, los que hoy se ubican en un paisaje abierto, pero que en el pasado pueden haber estado dentro o rodeados de un bosque de galería de palmas. Esta es una pregunta que podría ser respondida con análisis de polen de paleosuleos ubicados debajo de los *ahu*, los que podrían entregar información relacionada con los suelos del sitio, la vegetación y el ambiente en las cercanías inmediatas e inmediatamente antes de la construcción de los monumentos. Por esta razón, es importante que tales análisis se lleven a cabo en conjunto con estudios de micromorfología de suelo (ver French, más abajo), los que, además de entregar información sobre el ambiente y los procesos de formación del suelo, permiten determinar si el paleosuelo ha sido truncado durante el proceso de construcción. El análisis de micromorfología del perfil P1_S1 ha mostrado que el perfil de suelo que subyace inmediatamente bajo las rocas del monumento está parcialmente truncado, con su horizonte A removido y el Bw intacto. En el perfil P1_S2, inmediatamente detrás del *ahu*, parece haber un perfil de suelo completo Ah–Bw, al que se ha añadido material coluvial Ah y estructuras Bw coluviales (French, más abajo). Ambos presentan polen de palma, principalmente de la palma endémica de Isla de Pascua (*Paschalococos disperta*) (tipo 1), y por esporas de helechos, dando cuenta de que estos habrían crecido en el sitio antes de la construcción del *ahu*. Otro indicio, y más fuerte, de la presencia de palmas en las cercanías del sitio y en el sitio mismo es la presencia de fitolitos de palma en el paleosuelo de P1_S1 (ver sección 2.5). el lapso del hiato entre las partes superiores de P1_S1 y P1_S2 no lo conocemos. Sin embargo, por razones que se sugieren más abajo, este lapso debió haber sido corto, con el truncamiento del suelo de P1_S1 habiendo ocurrido con la construcción del *ahu*.

Las características de estas palmas son en gran medida desconocidas, y se presume que la palma de Isla de Pascua se encuentra extinta. Inicialmente, se creyó que la palma era palma chilena, *Jubaea chilensis*, pero fue re-nombrada/reclasificada por Dransfield (1991), como *Paschalococos disperta*, ya que no había prueba de que efectivamente fuese la misma. Hoy se sostiene también que un numero variado de taxones de palmas pueden haber existido, a partir de estudios de polen y fitolitos, los que aún no han sido identificados.

Se sugiere que una capa más baja de árboles/arbustos haya incluido *Sophora toromiro* (toromiro), *Sapindus saponaria*, *Triumfetta semitriloba* (Hau Hau) y *Santalum album* (sándalo), así como otros taxones. En general, la flora nativa no era diversa, con unas 46 especies de plantas sugeridas antes de la llegada de los europeos, y hoy, incluso con introducciones, la flora permanece empobrecida, con alrededor de solo 200 taxones registrados. Por lo tanto, es esperable que la flore del polen, especialmente de paleosuelos con un menor/más localizada captación, haya sido similarmente empobrecida. De los taxones nombrados arriba, *Triumfetta* puede estar representada en los perfiles P1_S1 y P1_S1, pero se requiere confirmación. Alguna Malvaceae se encontró, que

podría corresponder con *Thespesia populinea*, aunque palinológicamente está no pueda ser separada de otros miembros de la familia.

Toda la información de polen muestra que durante el Holoceno y antes de la ocupación humana, hubo un bosque de palmas. Algún desafortunado evento, probablemente causado por el clima resultó en el cese de la depositación de sedimentos en las principales cuencas volcánicas, y un hiato en el registro durante un periodo crítico de cambio. De hecho, Rull *et al.* (2010) argumentó contenciosamente que, debido a este hiato en la sedimentación, y por tanto en la información, no se podía demostrar de manera fehaciente que la isla hubiese estado enteramente cubierta de bosque. Sin embargo, es claro que no hay duda de que la evidencia de polen, macrofósiles y fitolitos, muestra que las palmas formaron la vegetación dominante de la isla. Negativos de raíces de palma y carbón existe en Poike, (Flenley 1991; Mieth y Bork 2003; Stevenson *et al.* 2006) incluyendo en las partes inferiores de nuestro perfil P1_S8.

En general, parece ser que un bosque de galería existió en gran parte de la isla, con un sotobosque rico en helechos (y posiblemente saprofitas en las copas), con algunos arbustos nativos.

Esta información genera el marco para interpretar la información palinológica obtenida en el estudio de los paleosuelos.

3.2 El dominio de la palma en los paleosuelos

Considerando los ambientes pasados mostrados en el análisis de los tres perfiles de suelo examinados, existe un marcado contraste entre los perfiles más antiguos (P1_S1 y P1_S2) y el de P1_S8A. Los primeros muestran un claro dominio de la palma en el bosque, con escasa representación de hierbas, pero con una importancia sustancial de Pteridofita. Esto se corrobora con las agrupaciones ocasionales de polen de palma aplastado pero con anteras completas (**Figura 8**, abajo a la derecha) y la presencia de fitolitos (**Figura 8**, abajo a la izquierda). El perfil P1_S8A, por su parte, mostró una mayor abundancia de pastizales, con algunas posibles palmas esparcidas.

El polen de palma corresponde a alrededor de 40–70% del total de polen en las secuencias de Flenley, con un periodo anterior de menor importancia. Los estudios que presentamos acá muestran ambos perfiles de polen con más de 90% del total. Considerando que el polen en los perfiles de suelo tiende a tener una captación muy restringida (Dimbleby 1984), los valores de polen pueden ser definitivamente atribuidos a crecimiento de las palmas en el sitio y cerca de él. Lo anterior se asocia también a una sub-dominante presencia de diversa flora de helechos, haciendo de este un hábitat rico. Sin embargo, se debe notar que la tafonomía de estos conjuntos de polen y esporas puede ser muy poco clara. La preservación de polen en suelos es más pobre que en sedimentos lacustres y como resultado, existe una propensión a la sobrerrepresentación de pólenes y esporas más robustas. Aunque no hay información analítica que sugiera que el polen de palma es más robusto que el de otros taxones, se debiera considerar la posibilidad de que tenga tiempos de residencia en el suelo más largos, especialmente en relación con el perfil P1_S8A, donde algunos pocos ejemplos de polen de palma se encuentran en un espectro dominado por pastos. Esto se ha interpretado como una fase transicional en la cual las palmas remanentes eran contemporáneas con un pastizal en desarrollo. El bosque de palmas fue reemplazado por pastizales dominados por taxones introducidos, los que existen hasta hoy.

Bowdery (2015), a través de su análisis de fitolitos ha sugerido que hubo una serie de otros taxones de plantas, además de *Paschalococos disperta*. Plinológicamente, sin embargo, un taxón adicional se puede sugerir de manera tentativa, por la Palma tipo 2. Esta se ha registrado con valores/porcentajes mucho menores, en el orden de 10% aproximadamente, pero con valores más altos en la parte baja del perfil P1_S1 (10–15%). Hay un peak de 24% antes de una reducción a menos de 5%. Este segundo taxón con polen diferenciable (**Apéndice 2**), tal como con los fitolitos, no se ha podido identificar con ninguna especie en específico, y tal como con la *Paschalococos disperta*, podría provenir de otra(s) especie(s) extinta(s). Se ha considerado también que el polen podría provenir de Liliaceae, con una morfología similar, aunque otros tipos de palmas también han sido propuestas, especialmente basado en la evidencia de fitolitos (Bowdery 2015). De esta forma, se sugiere el dominio del bosque de galería de palma hasta una altura de unos 30m, si se considera la altura de *Jubaea chilensis* como referencia.

En el perfil P1_S1, hay una reducción del p número de polen de la palma tipo 2. Esto se asocia con un aumento del tipo 1, que se asume es *Paschalococos disperta* y algunas esporas (trilete) de Pteridofitas. No está claro si esto se relaciona con cambios antropogénico o naturales en la vegetación del hábitat local. Existe también un posible indicio de tales cambios en los niveles superiores del perfil 2, en los cuales, sin embargo, hay una reducción en las esporas de helechos, pero las de forma monolete más que los triletes.

El polen que no es de palma es escaso, con solo pequeñas cantidades registradas (<5% del total de polen). Estos taxones pueden sugerir la presencia de plantas de sotobosque como *Triumfetta* o *Thespesia populinea* de la familia Malvaceae y y se han encontrado tanto en el perfil P1_S1 como en el P1_S2. Desafortunadamente, estas no pueden ser separadas en base a la palinología. Tal como lo menciona Flenley a partir de las secuencias lacustres, se registró Tubuliflora (familia Asteraceae) y es probablemente que provengan de una variedad de arbusto más que de formas herbáceas pequeñas.

3.3 El bosque de palma y su relación con el ahu

Ambos perfiles, P1_S1 y P1_S2, dan cuenta de un predominio del polen de palma en el suelo, y sugieren la presencia de un bosque de galería en el sitio. Sin embargo, como se señaló el horizonte superior Ah, y por tanto, la superficie sobre la que el *ahu* se construyó, no está. No conocemos el lapso del hiato causado por la pérdida del horizonte A en el perfil P1_S1. Sin embargo, el perfil P1_s2 contiene restos de este horizonte (French, en este reporte), y contiene una secuencia de polen casi idéntica. Esto sugiere que el suelo inmediatamente anterior al truncamiento generado por la construcción del *ahu* tuvo un bosque de palma hasta el momento de la construcción del *ahu*. Esta conjetura requiere, sin embargo, confirmación a partir del estudio de las relaciones estratigráficas de estas dos muestras en más detalle. Por ahora, se plantea que el perfil P1_S2 representa un área menos alterada del mismo paleosuelo, justo fuera del área impactada por el monumento.

3.4 Cambio ambiental hacia un pastizal abierto

El perfil P1_S8a no se relaciona con la evidencia arqueológica y se obtuvo como un ejemplo comparativo de suelo moderno o casi moderno, al paleosuleo de los perfiles P1_S1 y P1_S2. Aunque no ha sido posible datar este suelo, su

posición estratigráfica en un perfil de una cárcava, y su contenido palinológico sugiere una fecha posterior al *ahu*.

Este perfil se encuentra dominado por polen de pasto (Peacea), con valores de más del 90% del total de polen. Esto sugiere un predomino en el sitio de pastizales. El pastizal puede haber estado compuesto por los taxones introducidos *Stipa* spp., *Nasella* spp. y *Sporobulus* indica, o por el nativo (endémico?) *Cynodon dactilon*. Existe una casi total ausencia de otros taxones de hierba. Esto se atribuye a la flora taxonómicamente escasa, incluso hoy, con una continuada introducción de especies de plantas alóctonas/no nativas. La preservación diferencial a favor del polen de pastos es poco probable, ya que este polen no es tan robusto como en el caso del taxón Astaraceae, por ejemplo. La preservación es también satisfactoria. No es posible establecer si el pastizal contuvo *Cynodon dactilon* (nativa) o las variedades introducidas y hoy posibles de encontrar en amplias áreas de *Stipa*, *Nasella* or *Sporobulus*. Sorprendentemente, no se encontraron fitolitos, lo que podría diferenciar tribus de pastos a niveles amplios. Como se planteó en la sección 2.4, esto se puede deber a la sílica biogénica.

Los altos valores de esporas de hongos/moho son interesantes, y se encuentran en todo el perfil, pero especialmente en dos fases diferentes (ver más abajo), lo que se puede relacionar con abono asociado a agricultura o a material vegetal en descomposición o quemados producidos por la producción de un claro en el bosque.

Aunque se ha sugerido la presencia de agricultura, no existe evidencia de cultivos tropicales, como el camote o cucurbitáceas, es probable que se haya practicado agricultura en áreas limpiadas del bosque de palma; quizás modificadas o alteradas (Horrocks y Wozniak 2008).

El perfil P1_S8 presenta dos horizontes (12–16cm y 0–5cm), los que contienen importantes cantidades de esporas de hongos. La mayoría de estas esporas de hongos/moho son de tipo sencillo, ovate o circular (**Figure 8.10–4.13**). Hay, sin embargo, algunos pocos tipos más complejos, perforados, que se podrían asociar con el quiebre de material fecal (**Figura 8**). Más trabajo sobre este material se está llevando a cabo.

El polen de palma (probablemente *Paschalococos disperta*), y otros tipos de palma reconocidas en los perfiles P1_S1 y P1_S2 también se encuentran presentes en P1_S8, pero en cantidades relativamente menores. Esto sugiere una continuación de dos o más taxones hasta que la limpieza del bosque ocurrió. Aunque existe la posibilidad de que el polen de Palmae sea residual en el suelo desde momentos anteriores, es probable que lo que vemos un paisaje mayormente deforestado, al menos en la región local, con algunas pocas palmas.

Tal como con los perfiles P1_S1 y P1_S2, las esporas de helechos en P1_S8 muestran que los Pteridofitas continuaron como un elemento importante de la flora, con un rango similar de taxones. Los números de esporas son, sin embargo, menores que los de P1_S1 y P1_S2, lo que indica que no fueron tan numerosos como cuando crecían bajo el bosque de palma. La pobre preservación en el suelo, entregaría mayores valores a través de residencias más largas de esporas que de polen. Una posible preservación diferencial en su favor es posible, con algunas de las esporas recuperadas siendo de fases anteriores del bosque de palma. Como se mencionó, es probable que estos taxones de helechos sean endémicos y no identificables a nivel taxonómico.

Por lo tanto, se piensa que el hábitat en el sitio de donde se tomó la muestra P1_S8, el cual estaba dominado por pastizales, haya sido también

abonado y cultivado. Aún más, el registro de polen representa una fase transicional desde el bosque de palma al pastizal, probablemente un hábitat agrícola. Canellas-Bolta *et al*. (2014) han sugerido que hubo una transición más larga entre el bosque de palma y el pastizal de lo que se creía, esto es, 1500 años antes, con una fecha aproximada de 450 a.C. Por lo tanto, es posible que la transición observada en P1_S8 sea más temprana. Sin embargo, dada la proximidad de los sitios P1_S1 y P1_S2 a P1_S8, es más probable que la secuencia/perfil de este último sea posterior a eventos importante de limpieza del bosque, los que habrían visto su auge entre 1300 y 1500 d.C. Arnold *et al.* (1990) ha demostrado, a través de dataciones radiocarbónicas que las palmas se mantuvieron hasta al menos mediados del siglo 17, lo que sugiere por tanto que el perfil P1_S8 es de fecha más reciente.

4. Resumen y conclusiones

Este estudio buscó examinar el potencial para la investigación paleoambiental de los suelos altamente erosionados de la península de Poike. El análisis de polen se llevó a cabo en conjunto con micromorfología de suelo y entregó información valiosa relacionada con la vegetación y ambiente del sitio. Tres perfiles de suelo fueron examinados, de los cuales se extrajeron polen sub-fósil y esporas de helechos y hongos.

En dos de los tres perfiles predominó el polen de palma. Se asume que corresponden a la palma de Isla de Pascua, usualmente discutida (*Paschalococos disperta*). Se piensa que este taxón es una palma endémica extinta, de afinidad cercana a la palma chilena (*Jubeae chilensis*). También se registró polen de un segundo e igualmente no identificado taxón de palma.

Esta información mostró que en el sitio del Ahu Hate te Kohe existió un bosque de galería de palma, con un importante sotobosque, y probablemente helechos saprofíticos/basados en árboles. Esto se sustenta también por la presencia de fitolitos de palma en el perfil P1_S1.

Los paleosuelos examinados se preservaron por la construcción del *ahu*. El perfil P1_S1 fue sellado por una de las piedras estructurales del *ahu*. Este perfil fue truncado, mientras que P1_S2, en la parte trasera del monumento sufrió menos esto. A este último solo se le truncó la parte superior del horizonte húmico, y el suelo continuó recibiendo material coluvial. La parte húmica superior de P1_S1 fue probablemente alterada/removida durante la construcción del monumento, mientras que P1_S2 fue alterado en menor medida. Ambos perfiles contienen altos valores de polen de palma y creemos que esto refleja el ambiente en el que se construyó el *ahu*. La relación estratigráfica directa de los dos perfiles de suelo (a través de la excavación) podría confirmar su contemporaneidad.

Un tercer perfil de polen (P1_S8), contrasta con el predominio de la palma en P1_S1 y P1_S2. El polen de pasto tiene valores totales altos, dando cuenta de un su predominio en el sitio. Escasos números de polen de palma se han encontrado en este perfil, sugiriendo que hubo crecimiento localizado de palmas. La posibilidad de preservación diferencial en favor de polen de palma en el suelo de periodos anteriores fue considerada.

Consideramos que este perfil muestra una fase transicional de un área mayormente de bosque limpiado, al menos en la proximidad del sitio, y la expansión del predominio del pastizal en algún momento post-*ahu*. NO está claro si las especies/géneros de pasto corresponden a taxones endémicos o introducidos.

La diversidad general de polen/taxones es restringida en todos los perfiles estudiados. Esto se atribuye a la empobrecida flora de Rapa Nui, así como a la restringida captación de polen permitida por la preservación de polen en el suelo.

Este estudio da cuenta de la importancia de tomar muestras y analizar este tipo de paleosuelos de diferentes fechas antes de que sean destruidos por la erosión. Debido a que la captación de polen es pequeña en comparación con las cuencas lacustres, como las ampliamente estudiadas cuencas de los cráteres de Rapa Nui, estos análisis entregan información del pasado vegetacional y medioambiental en y cerca del sitio. Ambos contextos depositacionales tienen ciertas ventajas y desventajas. Aunque la captación de polen sea localizada en nuestro caso, usualmente se puede plantear que el polen obtenido proviene del sitio o de la vegetación cercana, más que de lugares distantes, acarreados por el viento y/o agua, lo que es usual en los casos de cuencas lacustres. Con varios análisis de perfiles de suelo de una región, se puede generar un panorama más claro sobre la variación biogeográfica a un nivel más local.

Ahu Hati te Kohe y Ahu Viri Viri o Tumu, Poike, Rapa Nui: análisis de micromorfología de suelo

por Charles French

Introducción

La erosión en los Ahu Hati te Kohe y Viri Viri o Tumu y una cárcava expuesta hacia la costa desde el Ahu Hati te Kohe, expuso perfiles y/o posibles suelos con potencial de ser muestreados para generar una micromorfología de suelo (**Tabla 2**). Siete bloques de suelo de cuatro perfiles fueron preparados en 14 láminas de secciones delgadas para su análisis (siguiendo a Courty *et al*. 1989; Murphy 1986) (**Table 2**), y fueron descritas usando la terminología de Bullock *et al*. (1985) y Stoops (2003). Las descripciones detalladas se encuentran en el **Apéndice 4**, y resumidas en la **Tabla 3**.

Muestra	Descripción
Ahu Hati te Kohe:	
P1_S1A	Superficie antigua con gran estructura columnar de bloques; sellado por la plataforma del ahu; dominado por polen de palma.
P1_S2A	Depósito coluvial sobre una superficie antigua/paleosuelo sellado por la estructura del ahu; dominado por polen de palma.
P1_S2B	Material coluvial/antigua superficie de suelo; sin polen
Cercano a Ahu Viri Viri o Tumu:	
P1_S5A	Posible antigua superficie de suelo
P1_S5B	Capa limosa expuesta en cárcava; escaso polen
Cárcava generada por el agua, cercano a Ahu Hati te Kohe:	
P1_S8A	Muestra superior de sección de la cárcava; superficie de tierra posterior a la construcción del *ahu*, con estructura columnar de bloques; polen dominado por pastos y escasas palmas.
P1_S8B	Muestra inferior de sección de la cárcava; paleosuelo altamente erosionado; sin polen, pero con evidencia de raíces de palmas relictas.

Tabla 2

Lista de muestras

Tres bloques de muestras fueron obtenidos de secciones expuestas en Ahu Hati te Kohe (se hicieron 2 láminas la ubicación de muestra P1_S1, y tres láminas de la ubicación P1_S2), dos bloques se tomaron de la cárcava mencionada anteriormente (del cual se obtuvieron dos láminas de la ubicación P1_S8A y dos de P1_S8B), y dos bloques fueron obtenidos cerca de Ahu Viri Viri o Tumu (de la ubicación P1_S5A se generaron tres láminas y de P1_S5B, dos láminas), para el análisis de micromorfología de suelo de los siguientes contextos:

Descricpciones micromorfológicas

Ahu Hati te Kohe

Perfil P1_S1, compuesto por dos bloques de suelo/secciones delgadas con arcilla roja granular a finamente agregada (**Figura 9**) con escasos a ocasionales pequeños conjuntos y espículas de arcilla pura en la masa basal y en las cavidades (**Figura 10**). En la lámina superior P1_S1A1, se encontraron al menos tres zonas horizontales delgadas (<2mm) de una estructura arcillo-limosa similar pero más densa, con una rubificación algo mayor (**Figura 11**), y en la lámina inferior P1_S1A2 se encontraron otras dos zonas de estructura horizontal más densa y con un aspecto general micro-laminar fino (**Figura 12**).

Perfil P1_S2, compuesto de tres bloques de suelo/secciones delgadas, presentando básicamente la misma estructura que el perfil P1_S1(ver arriba). La lámina inferior (P1_S2B2) presentó una arcilla limosa granular rubificada, con una estructura de bloques escasamente desarrollada. La mayor diferencia se encontró en P1_S2B1, donde se encontraron al menos cuatro lentes delgados de material vegetal orientados horizontalmente, mayormente quemados, con un limo denso (**Figura 13**). La lámina superior (P1_S2A1) presentó arcilla limosa granular, pero más abierta y porosa, presentó al menos un lente horizontal de arcilla arenosa muy densa y una clara interrupción en la acumulación de la estructura del suelo. Adicionalmente, se encontraron extraños fragmentos piroclasticos (**Figura 14**), unas cuantas agrupaciones de arcilla pura, roja y de doble refracción (**Figura 14**), arcilla de doble refracción reemplazando material vegetal (**Figura 15**), y ocasionalmente, corteza de limo (**Figura 16**).

Cercano a Ahu Viri Viri o Tumu

La muestra P1_S5A fue cortada en tres láminas de secciones delgadas. Al igual que la muestra P1_S5B1, la muestra P1_S5A1/1 es una mezcla heterogénea de varias estructuras. Predominantemente, presenta una estructura de arcilla limosa café anaranjada granular a finamente agregada (1:80%), mezclada con zonas irregulares de una estructura húmica excremental menor (2:10%) y una estructura excremental fuertemente punteada con sesquióxido amorfo (4:10%).

La muestra P1_S5A2/1 presentó una mezcla heterogénea de estructura 2 de limo húmico (como la muestra anterior), con varias adiciones de tefra vítrea basáltica (o restos piroclásticos o ceniza), incluyendo piedra pómez, escoria de sederomelano, palagonita y allofanita (Sedov *et al*. 2010, 282 y siguientes). La lámina basal (P1_S5A2/2), presentó cuatro bien definidas unidades estructurales de arcilla limosa roja, de compactación finamente agregada a granular. Las unidades del medio, 3 y en menor medida la 2 estaban dominadas por fragmentos de tefra vítrea basáltica/piroclastos, en una mezcla heterogénea con la estructura húmica 2 (**Figura 17**).

De la muestra P1_S5B se obtuvieron dos láminas de secciones delgadas (P1_S5B1 and P1_S5B2). La lámina superior, P1_S5B1, presenta cuatro estructuras mezcladas, esencialmente similares a aquellas en la muestra 5A. La estructura predominante 1 era una arcilla limosa anaranjada/café dorada, con una micro-estructura granular organizada en pequeños conjuntos de bloques sub-angulares (**Figura 18**). La masa basal es predominantemente arcilla fina (o limosa) levemente birrefringente. Alrededor del 20% del total de la masa basal (estructura 2), se identificó la misma estructura, pero una

versión fuertemente impregnada de sesquióxido amorfo, con agregados comunes de arcilla pura birrefringente dentro de la masa basal de arcilla fina (**Figura 19**). Se encontró también que un 5% de la masa basal (estructura 3) presentó zonas de arcilla dorada pura a fina, moderadamente birrefringente y estriada, mucho menos afectada por sesquióxido amorfo (**Figura 20**). Aproximadamente un 15% de la masa basal (estructura 4), presentó materia orgánica negra y agregada con un componente menor de arcilla fina y pequeños agregados de arcillas (**Figura 21**). La lámina inferior (P1_S5B2) presentó características similares a las anteriores, con un 50% de estructura 2, pero con mucho menos sesquióxido amorfo.

Cárcava cercana a Ahu Hati te Kohe

La muestra P1_S8A fue seccionada en dos láminas (P1_S8A1 y P1_S8A2). Ambas presentan arcilla limosa café rojiza, granular a agregada en pequeños conjuntos, con escasa birrefrigencia, y fuertemente manchada con sesquióxido amorfo. Relativamente porosa y con canales, presentó vidrio volcánico/basáltico fino de partículas de tamaño de arena, así como unos pocos fragmentos de material vegetal silicificado (o fitolitos), posiblemente de pastos o palma (**Figura 22**).

La muestra P1_S8B se cortó en dos láminas de secciones delgadas (P1_S8B1 y P1_S8B2). La lámina superior presentó arcilla limosa dorada a café-rojiza, granular a agregada, similar a la estructura de las muestras P1_S8A y P1_S5B1 (**Figura 23**). Cerca de un tercio de esta estructura se encuentra fuertemente impregnada con sesquióxidos amorfos. Hay un muy escaso (<1%) componente de estructura orgánica excremental de color negro, junto a escasas espículas de carbón fino. La muestra P1_S8B2 presenta una estructura principal similar de arcilla limosa granular a agregada enrojecida, pero con un mayor componente de tefra vítrea basáltica (como en la muestra P1_S5A2/1) en la forma de frgmentos/agredados irregulares y/o zonas en la masa basal y en las cavidades, comprendiendo hasta un 50% del total de la masa basal (**Figura 24**).

Muestra	Estructura principal	Rasgos secundarios	Interpretación
Ahu Hati te Kohe:			
P1_S1A1	Arcilla limosa granular, fuertemente rubificada, de color rojo a naranja rojizo.	Al menos tres zonas delgadas horizontales más densas de estructura de limo, con claras interrupciones en la sedimentación. Escasos agregados de arcilla pura y nódulos de sesquióxido amorfo.	Sedimentación sucesiva y esporádica de suelo de arcilla limosa, altamente rubificada o ferralítica; incluye algunos episodios de posible lavado de superficies cercanas de puro suelo; luego, el perfil completo se estabilizó y formó una estructura de bloques en el horizonte B/ erosionado de un Andosol bajo las piedras del *ahu*.

Tabla 3

Resumen de las descripciones micromorfológicas

Muestra	Estructura principal	Rasgos secundarios	Interpretación
P1_S1A2	Arcilla limosa granular, fuertemente rubificada, de color rojo a naranja rojizo.	Dos zonas delgadas horizontales de estructuras de limo más denso; todas con aspecto micro-laminar.	Igual que la muestra anterior.
P1_S2A1	Arcilla limosa granular, fuertemente rubificada, de color rojo a naranja rojizo.	Al menos un lente delgado de limo más denso; raro fragmento piroclástico.	Suelo de arcilla limosa fuertemente rubificada; similar al material de un Andosol de horizonte B/erosionado (Bw), pero probablemente el material Bw fue arrastrado por escurrimiento de agua.
P1_S2B1	Arcilla limosa granular, fuertemente rubificada, de color rojo a naranja rojizo.	Al menos tres zonas horizontales de restos quemados de material vegetal, y corteza superficial de limo.	Varias zonas superpuestas de restos vegetales quemados en superficies, con evidencia de lavado de superficies y rápido secado, generando horizontes Ah sucesivos/acumulados; Indica acumulación por lavado por arrastre episódico y alteración del paisaje cercano.
P1_S2B2	Arcilla limosa granular, fuertemente rubificada, de color rojo a naranja rojizo.	Indicios de estructuras de pequeños conjuntos de bloques	Horizonte Bw de un Andosol
Cerca de Ahu Viri Viri o Tumu:			
P1_S5A1 y P1_ S5A2.1	Mezcla heterogénea de 3 estructuras: 1) estructura principal, 80% de la masa basal; arcilla limosa granular a agregada, fuertemenete enrojecida por sesquióxido amorfo; 2) 10% de estructura húmica excremental; 3) 10% de estructura granular fuertemente manchada con sesquióxido amorfo, sobre una mezcla heterogénea de la estructura 2) y tefra vítrea basáltica.	Escasos a usuales puntos orgánicos y carbón fino; lentes ocasionales de arcilla limosa en la parte superior de 5A2.	5A1: Mezcla heterogénea de arcilla limosa rubificada y bioturbada, con estructura menor húmica excremental. 5A2.1: mezcla heterogénea de estructura húmica con ceniza de tefra vítrea basáltica.
P1_ S5A2.2	Cuatro unidades de arcilla limosa rubificada, granular a agregada.	Tres claras interrupciones en la sedimentación; unidades del medio con varios fragmentos de tefra vítrea (piedra pomez, escoria de sideromelano, palagonita y allofanita)	Acumulación de suelo de arcilla limosa rubificada y episódicamente bioturbada.

Muestra	Estructura principal	Rasgos secundarios	Interpretación
P1_S5B1	Mezcla heterogénea de 4 estructuras: 1) Estructura principal, 60% de la masa basal; arcilla limosa granular a agregada, enrojecida moderadamente oor sesquióxido amorfo; 2) 20% de la masa basal; como arriba, con agregados comunes de arcilla pura, todo con fuerte enrojecimiento por sesquióxido amorfo; 3) 15% de la masa basal; arcilla limosa húmica granular a agregada con cavidades negras. 4) 5% arcilla no birrefringente de color café dorado.	Pocos a usuales puntos orgánicos y carbón fino; 5–10% añadiduras de ceniza de tefra.	Materiales de suelo físicamente disturbados de Ah y Bh argílico, generalmente con muy fuerte oxidación y rubificación; con algunas pocas añadiduras de ceniza de tefra.
P1_S5B2	Mezcla heterogénea similar de arcilla limosa granular enrojecida y fuertemente enrojecida (50–70%), 25% de material húmico agregado y menos de 5% de arcilla limosa café dorado.		Igual que arriba
Perfil de Cárcava			
P1_S8A			
P1_S8B1	Arcilla limosa granular a finamente agregada, fuertemente enrojecida.	Agregados ocasionales o relleno de ceniza de tefra.	Suelo ferralítico.
P1_S8B2	Tal como arriba, pero con mayor cantidad de fragmentos ceniza de tefra vítrea basáltica, 10–30% de la masa basal y en las cavidades.	Pocos fragmentos de arcilla pura de tamaño de arena.	Mezcla de suelo ferralítico y ceniza de tefra.

Discusión interpretativa

Tal como se ha descrito en el reporte de la micromorfología de Puna Pau (French 2017) la geología de la isla se encuentra dominada por hawaiita y flujos de basalto, los que son ricos en fierro y presentan similitud con la geología ígnea de las Islas Galápagos (Baker *et al.* 1974). Estas se desarrollaron en un ambiente sub-tropical húmedo, pero los bosques de frondosas de palma *Paschalococos disperta* y toromiro *(Sophora toromiro)* han desaparecido. (Mieth y Bork 2010). Los Andosoles característicos de una region volcánica, normalmente muestran un horizonta A grueso, café oscuro, quebradizo y rico en materia orgánica, superpiuesto a un horizonte Bw erosionado con escaso desarrollo o movimiento de arcilla (Bridges 1978, 97; Sedov *et al*. 2003, 2010; WRB 2014). Los andosoles en general y los suelos enterrados investigados en el área de Poike exhiben, de manera típica, una micro-estructura granular

a finamente agregada, la que puede confluir en agregados más grandes, e incluso, convertirse en bloques en los horizontes Bw (Sedov *et al*. 2010, 276 y siguientes), con algunas evidencias de iluviación de arcilla (Sedov *et al*. 2003). La estructura predominantemente granular probablemente refleja un origen biológico (Colombo *et al*. 2007), y son los excrementos de *Enchytraeidae* y gusanos nmátodos (Dubroeucq *et al*. 2002), pero otros procesos pueden ser responsables. Los materiales finos en este tipo de suelos no son más que los remanentes de una intensa movilización y erosión en condiciones hidromórficas, dando cuenta de ferrólisis y la redistribución de óxidos de hierro e hidróxidos (sesquióxidos). Consecuentemente, rasgos de erosión profunda y ferralización son características comunes de todos los suelos de Isla de Pascua (Salguero *et al*. 1985; Sedov *et al.* 2010), y son características predominantes de los paleosuelos enterrados investigados en la zona de Poike. Así estos Andosoles granulares y ferralíticos se formaron en un sustrato volcánico.

La parte superior del perfil de muestra P1_S1 del Ahu Hati te Kohe, presentó una arcilla granular a finamente agregada, y altamente rubificada. Hay claras muestras de que se fue haciendo más grueso de manera esporádica, con interrupciones relativamente breves entre cada fase de depositación, ya que solo hay una escasa compactación y no hay acumulaciones orgánicas o de otro tipo en las superficies. La parte baja del perfil de muestra P1_S1 muestra múltiples láminas finas con el mismo material granular de la estructura, lo que posiblemente sugiere que este material fue lavado de superficies desnudas de suelos cercanos y que se hayan acumulado frecuente y rápidamente. A pesar de esta dinámica de sedimentación que generó este suelo, el perfil completo se estabilizó y desarrolló una estructura de bloques distintiva, que indica un horizonte B bajo o Bw de una Andosol (Sedov *et al*. 2010). Esta evidencia sugiere que hubo una continua disrupción de las superficies de suelos cercanos, y luego la estabilización y pedogénesis con un buen desarrollo estructural en la forma del horizonte Bw de un Andosol. Todo esto tuvo lugar antes del entierro y sello del perfil por las piedras del *ahu*. No se observó material orgánico de horizonte A, lo que sugiere que este perfil fue truncado antes de su entierro por el *ahu*, un evento que pudo haber ocurrido como parte del proceso de construcción.

El perfil P1_S2 en el Ahu Hati te Kohe también representa probablemente un paleosuelo, tal como en el perfil 1, pero con mayor evidencia de sedimentación orgánica episódica de materiales de suelo de horizontes Ah y Bw. El tercio inferior del perfil parece ser la arcilla limosa granular in situ del horizonte Bw de un Andosol (como en el perfil P1_S1). Sobre este, hacia la mitad del perfil, hay una rápida sucesión de lentes de restos de plantas quemadas, intercaladas con agregados rubificados de arcilla limosa no birrefringente. Esto puede sugerir una serie acumulativa de horizontes delgados Ah orgánicos y/o actividades humanas involucradas en el quemado repetido y la incorporación de materia orgánica. La corteza de superficie de limo ocasional da cuenta de superficies de suelo desnudo y suelo fino lavado en las cercanías, seguido de una fuerte evaporación/transpiración que creó la corteza de la superficie. El tercio superior del perfil muestra una estructura similar al tercio inferior, pero más porosa, de horizonte Bw, pero como muestra alguna evidencia de acumulación episódica, es probablemente material erosionado o coluvial Bw llegado desde más arriba en la pendiente.

El perfil P1_S5, obtenido cerca del Ahu Viri Viri o Tumu y el perfil 8 de la cárcava hacia la costa se presentó principalmente como arcillas limosas disturbadas, granulares a agregadas, con relativamente pocas

espículas de arcilla pura y en polvo, y estrías, así como mayores o menores manchas de sesquióxido amorfo. Se encontró también un fuerte componente the fragmentos irregulares de materia orgánica negra, que indicarían una estructura altamente humedecida, tipo turba (Gerasimova y Lebedeva-Verba 2010, 353 y siguientes). Los componentes de la arcilla varían de no birrefringente a escasamente birrefringente, polvorosas, que componen la mayoría de la masa basal, a estrías de arcilla pura y polvorosas en la masa basal, hasta agregados irregulares a sub-redondeados de arcilla pura. Estos últimos bien pueden ser materiales finos-de tamaño de arena erosionados de un material original de arcilla, mientras que la arcilla y la arcilla polvorosa en estrías en la masa basal son indicativas de erosión de largo plazo de la geología y la iluviación como parte del proceso de pedogénesis de horizonte Bw en el pasado.

El enrojecimiento fuerte a muy fuerte de gran parte de la masa basal de todos los perfiles examinados da cuenta de un contenido alto a muy alto de óxido de fierro (Lindbo *et al.* 2010), probablemente compuesto mayoritariamente de hematita y maghemita (Torrent *et al*. 1980; Wadley 2009). Esto se relaciona probablemente con la erosión del sustrato geológico (Salguero *et al*. 1985), y procesos de ferralitización (Kuhn *et al*. 2010, 226; Lindbo *et al.* 2010, 138). Esto se asocia con la descomposición de los componentes de la arcilla, especialmente en suelos acídicos humedecidos estacionalmente (Brinkman *et al*. 1973).

Existe la posibilidad de que estas estructuras de suelos fuertemente enrojecidas y ferralíticas hayan sido producidas por calentamiento a bajas temperaturas (250–280°C) de geothita (Pomies *et al*. 1999). Ciertamente, este proceso ha sido observado en otros lugares, en las laderas volcánicas de Maunga Terevaka en rellenos de pozos usados probablemente para la producción y almacenaje de pigmentos (Khamnueva *et al.* 2018). Pero en estas muestras de Poike no hay señas de quemas, en términos de fragmentos de suelos quemados, combustibles (pastos o palma), o deshechos de combustible, como cenizas, fitolitos y abundante micro-carbón de ningún tipo, lo que sugeriría que estos suelos/sedimentos no fueron quemados, sino que son producto de suelos y depósitos volcánicos altamente erosionados y oxidados.

Conclusiones

Superficies de suelo desnudo, suelo lavado, sedimentación, mezcla y alteraciones localizadas y depósitos coluviales, son los principales procesos de sedimentación que se observaron en estos dos sitios. A pesar de que cada perfil suelo fue altamente modificado y alterado, con evidencia de sedimentación episódica, hay indicios de que los suelos pre-*ahu* eran de perfil Ah–Bw de un Andosol, y especialmente con los horizontes observados en el perfil P1_S1, y un perfil acumulativo Bw–Ah–Bw en el perfil P1_S2. Hay indicios de iluviación de arcilla y desarrollo estructural, pero es poco lo que queda para sugerir que hubo suelos estables y bien vegetados antes de la colonización de la isla.

Aún más, cada perfil de suelo ha sido severamente afectado por ferrólisis y procesos de mezclas de suelos. Cada horizonte se caracteriza por una microestructura granular a agregada, sugiriendo una fuerte bioturbación por la fauna del suelo. La mezcla de estructuras de suelos con diferentes características en la mayoría de los perfiles y especialmente en el perfil

P1_S5, sugiere que también hubo un mayor grado de procesos de mezclas físicas, los que habrían alterado y mezclado antiguos horizontes de suelo y depósitos volcánicos. La fuerte y abundante rubificación refleja la geología volcánica de la isla y condiciones climáticas secas episódicas, así como la inclusión de varias tefras vítreas volcánicas o depósitos de cenizas volcánicas, responsable de la inclusión una cierta cantidad de mineral piroclásticos y formaciones minerales erosionadas en varios perfiles.

Agradecimientos

Quisiera agradecer al Dr Tonko Rajkovaca del McBurney Laboratory, Departmento de Arqueología, Universidad de Cambridge, por producir las láminas de secciones delgadas.

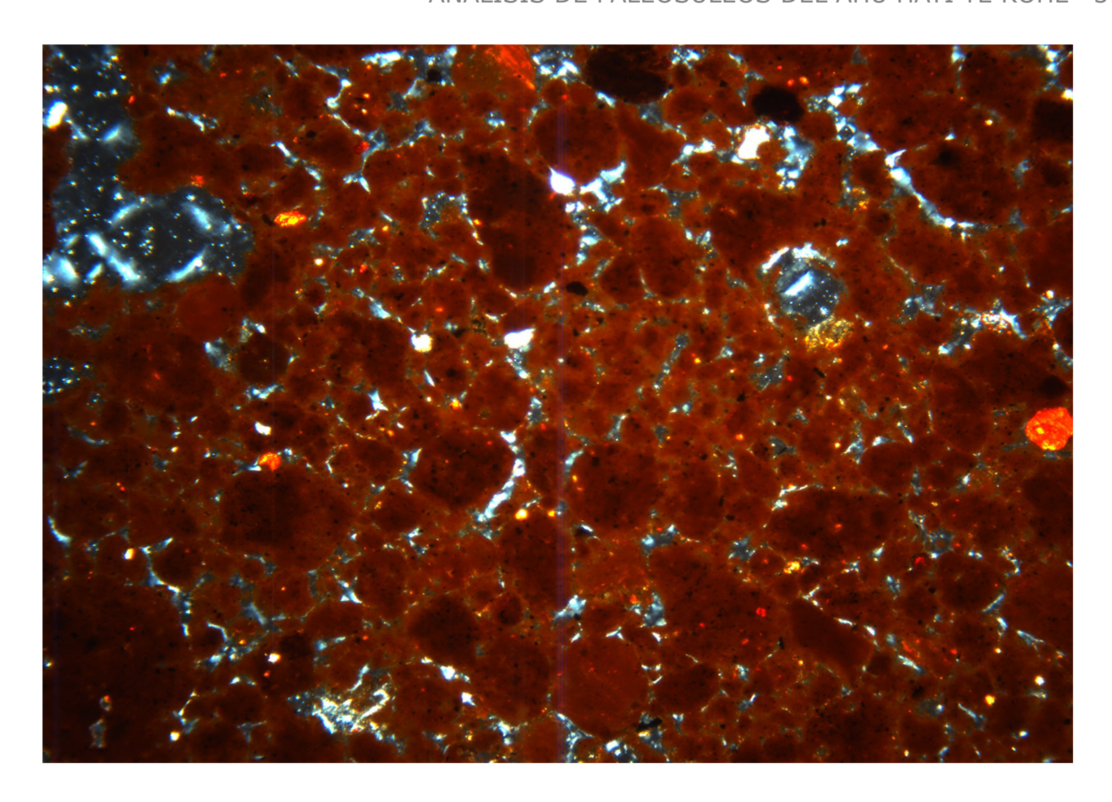


Figura 9

Microfotografía de sedimento arcillo-limoso granular y enrojecido, muestra 1A1 (ancho del cuadro = 4,5 mm; luz polarizada cruzada)

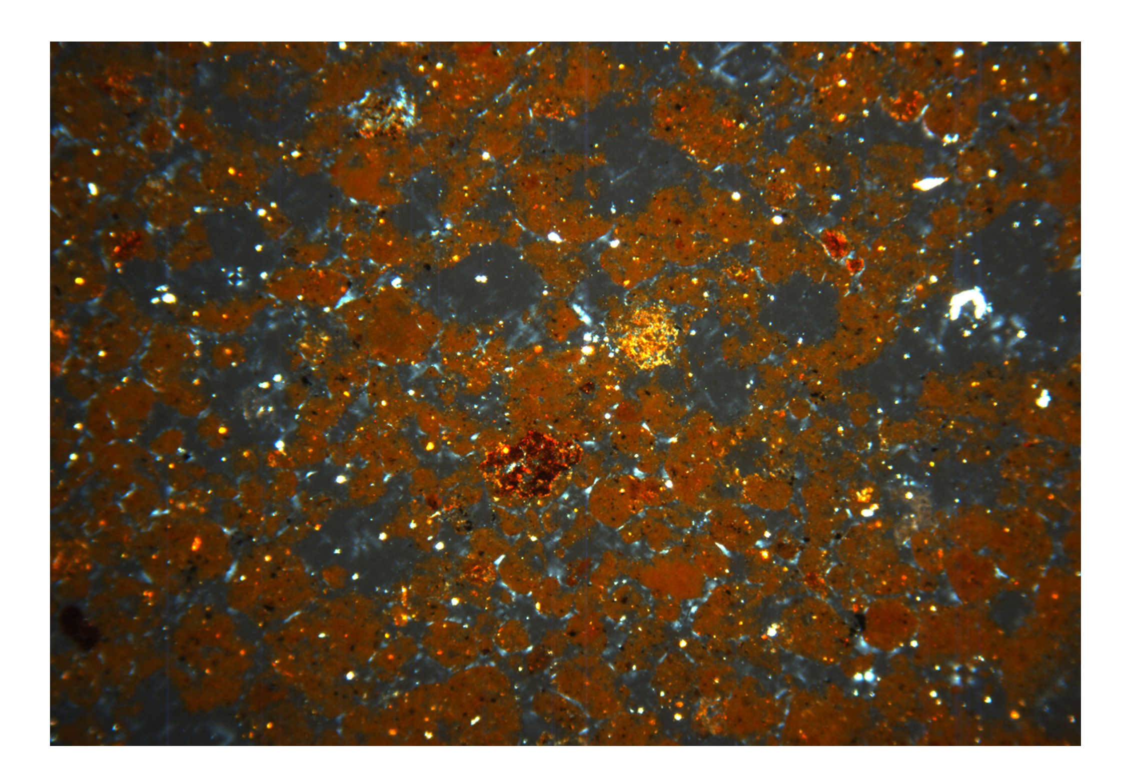


Figura 10

Microfotografía de los agregados de arcilla pura y nódulos de sesquióxido amorfo en sedimento arcillo-limoso (Horizonte B erosionado), muestra 1A2 (ancho del cuadro = 4,5 mm; luz polarizada cruzada)

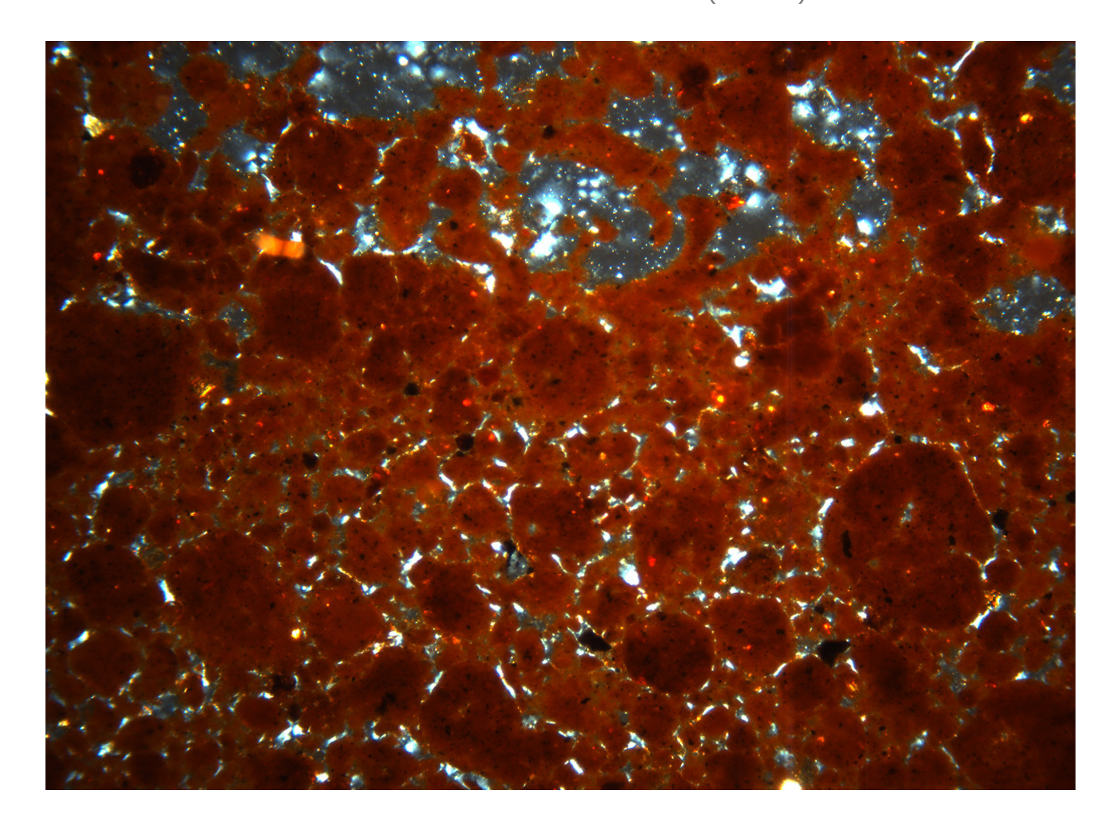


Figura 11

Microfotografía de las zonas horizontales densas /menos densas del sedimento. Muestra 1A1 (ancho del cuadro 4,5mm; luz polarizada cruzada)

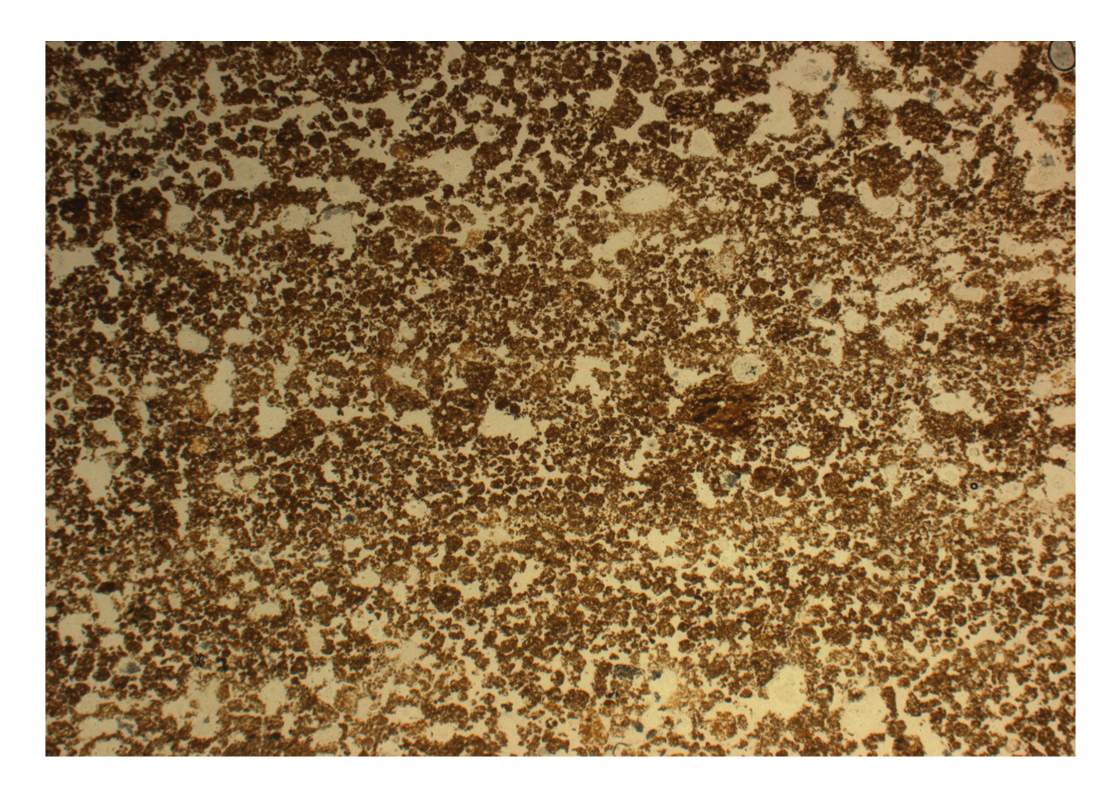


Figura 12

Microfotografía de sedimento micro-laminar, muestra 1A2 (ancho de cuadro = 1,8mm; luz plana polarizada)

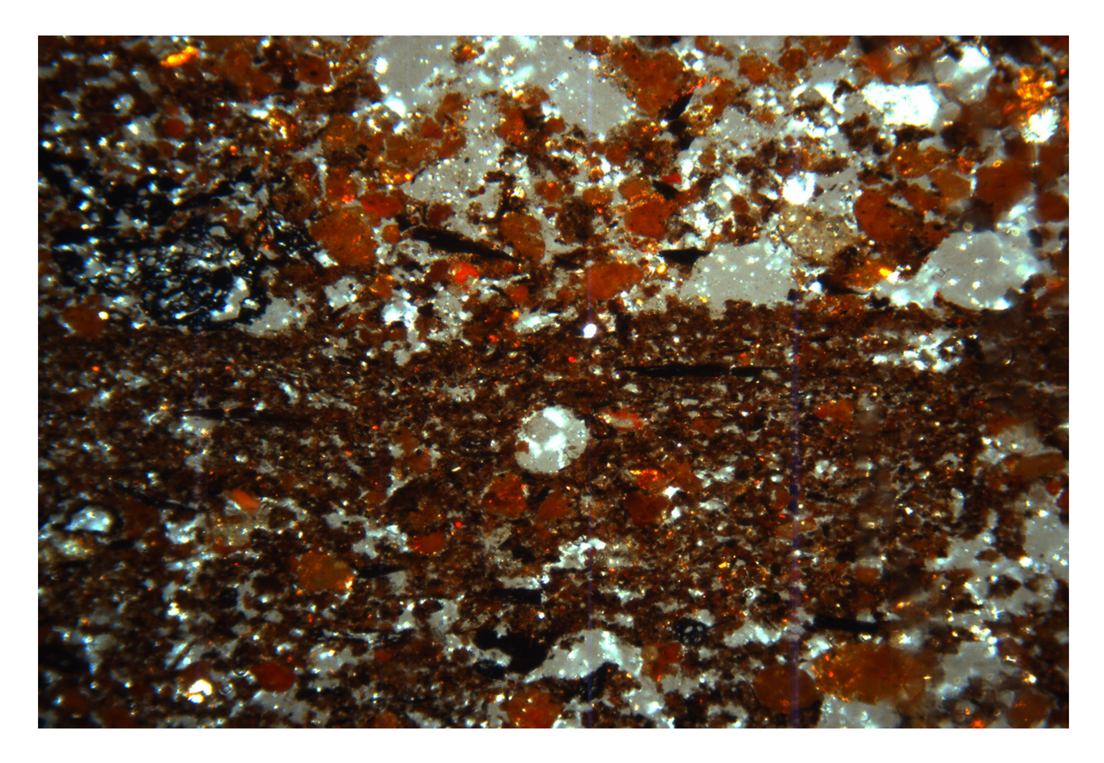


Figura 13

Microfotografía de una zona horizontal de material vegetal quemado/humedecido con limo, muestra 2B1 (ancho del cuadro = 4,5mm; luz polarizada cruzada)

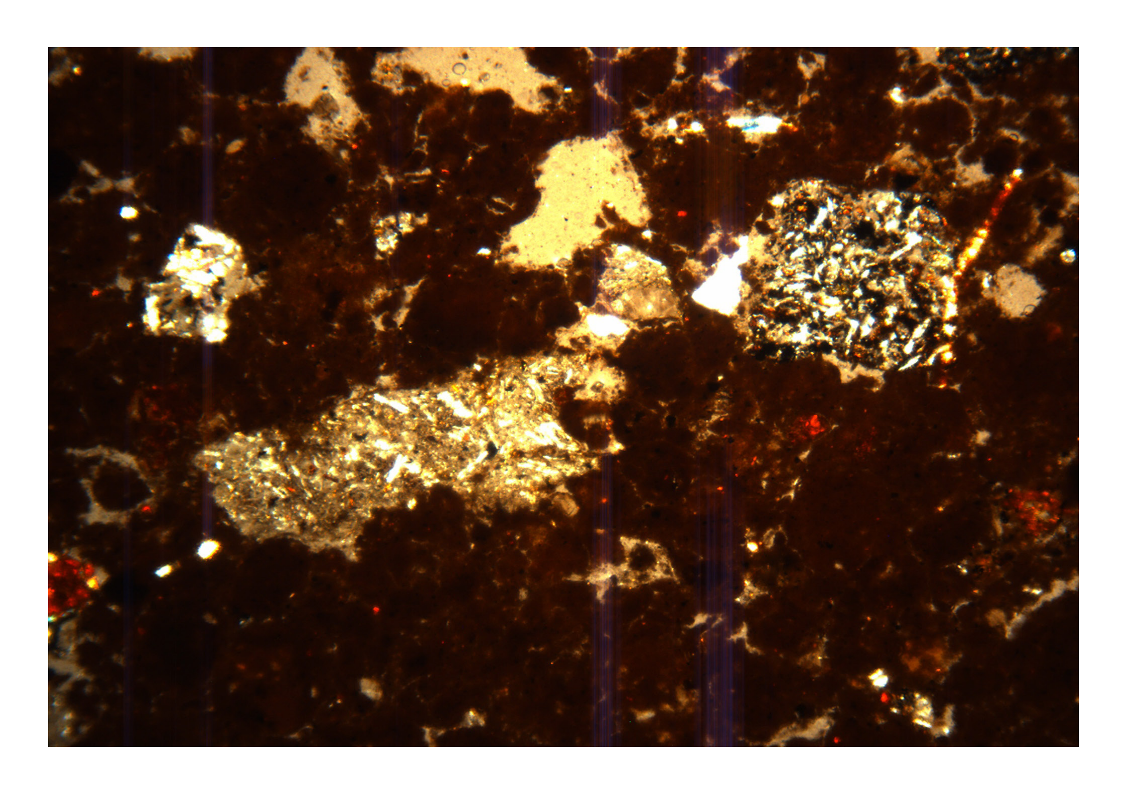


Figura 14

Microfotografía de agregados de arcilla roja de doble refracción (sector medio bajo) y piroclastos (sector medio), muestra 2A1 (ancho del cuadro = 4,5mm; luz plana polarizada)

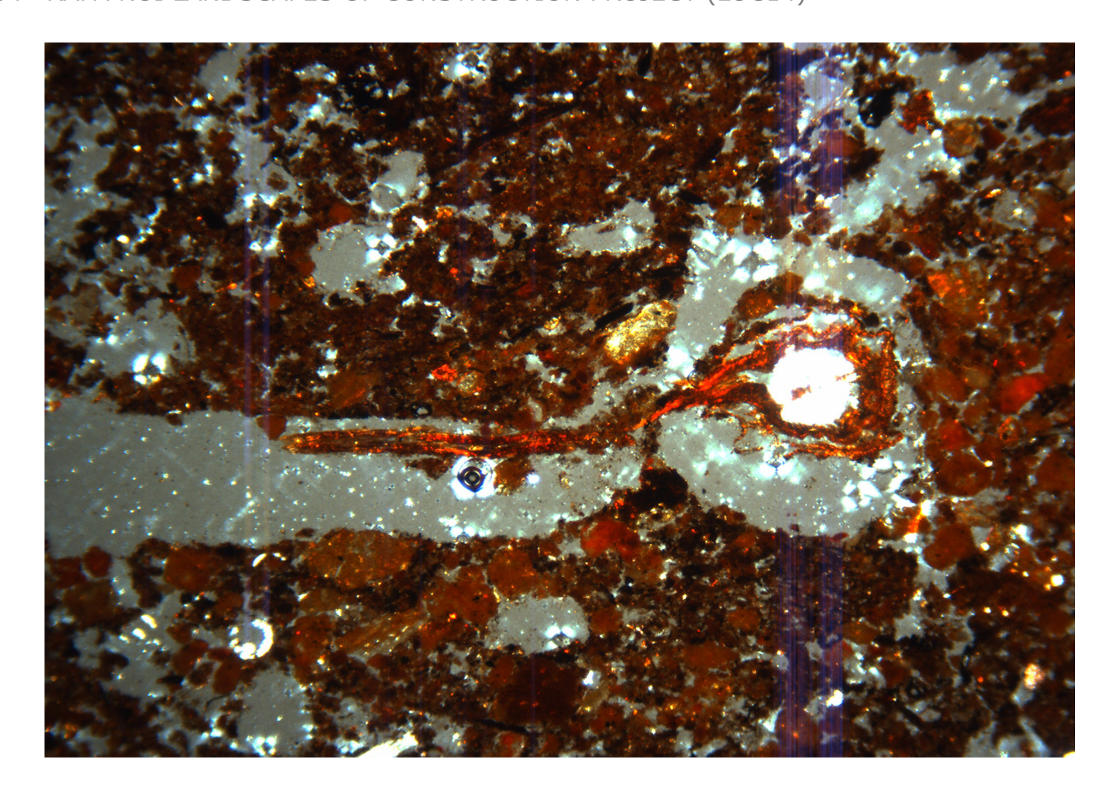


Figura 15

Microfotografía de arcilla de doble refracción reemplazando material vegetal, muestra 2B1 (ancho del cuadro = 4,5mm; luz plana polarizada)

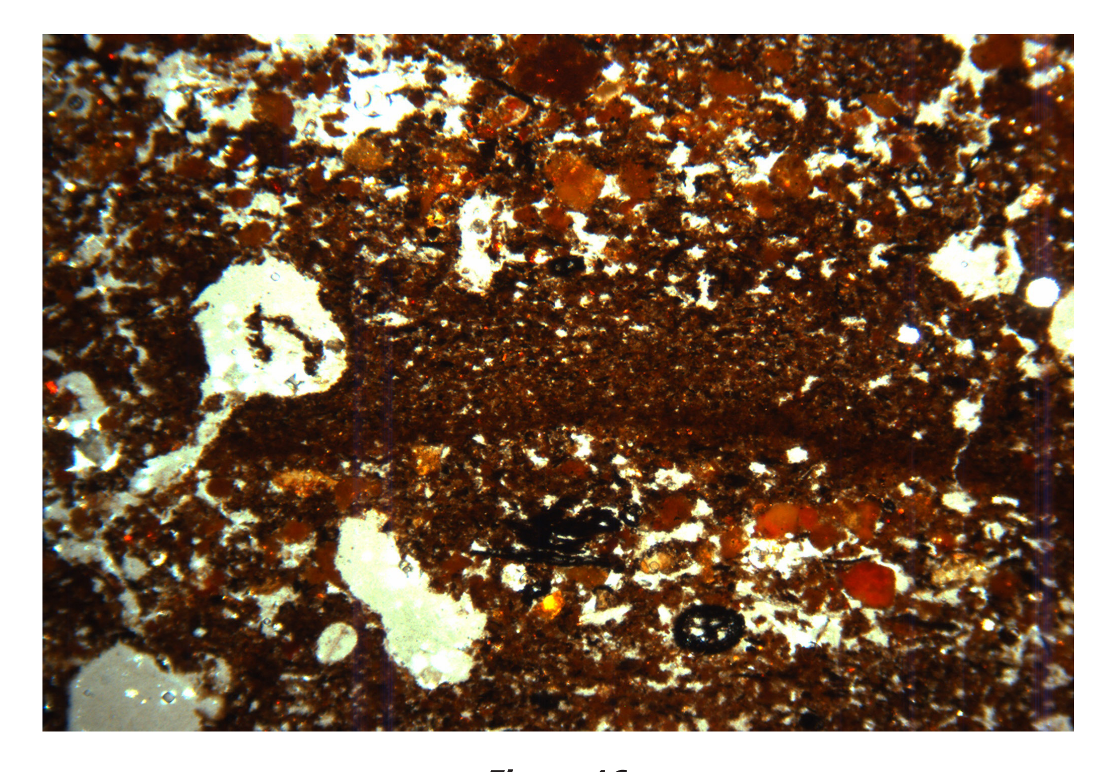


Figura 16

Microfotografía de corteza de limo, muestra 2B1 (ancho del cuadro = 4,5mm; luz plana polarizada)

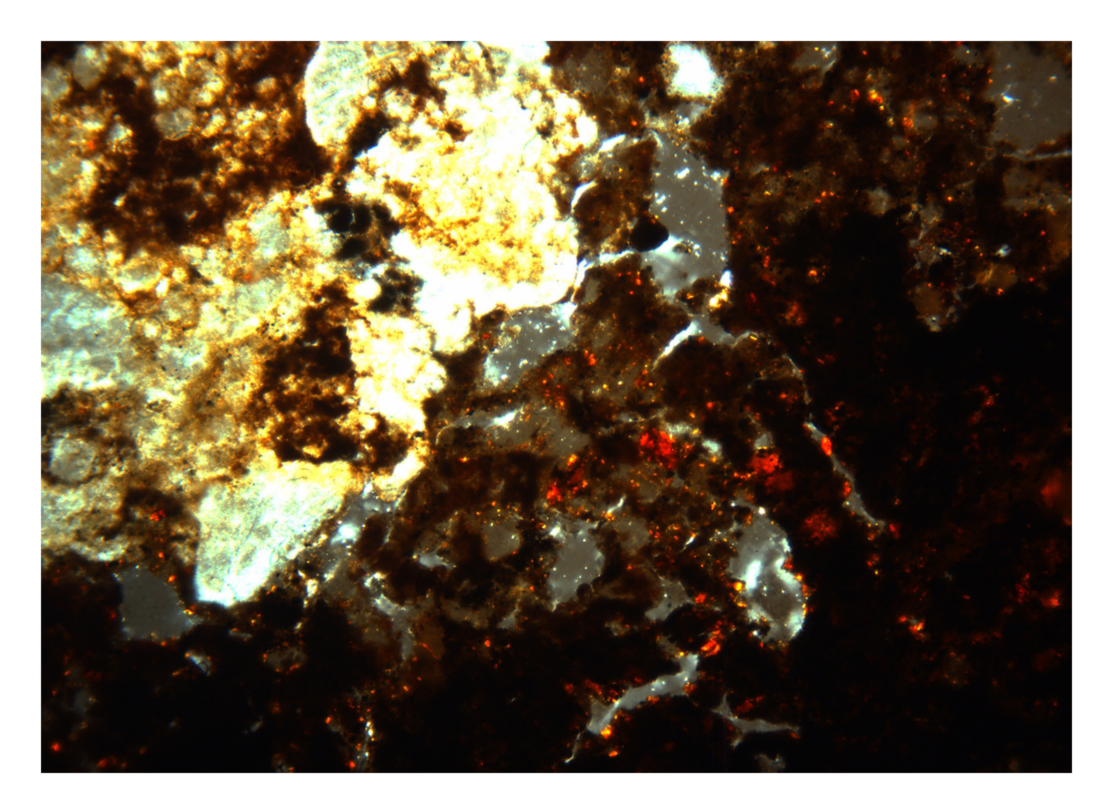


Figura 17

Microfotografía de sedimento húmico arcillo-limoso (derecha) y tefra basáltica vítrea (pómez/sideromelano), muestra 5B2/1 (ancho de cuadro = 4,5mm; luz polarizada cruzada)

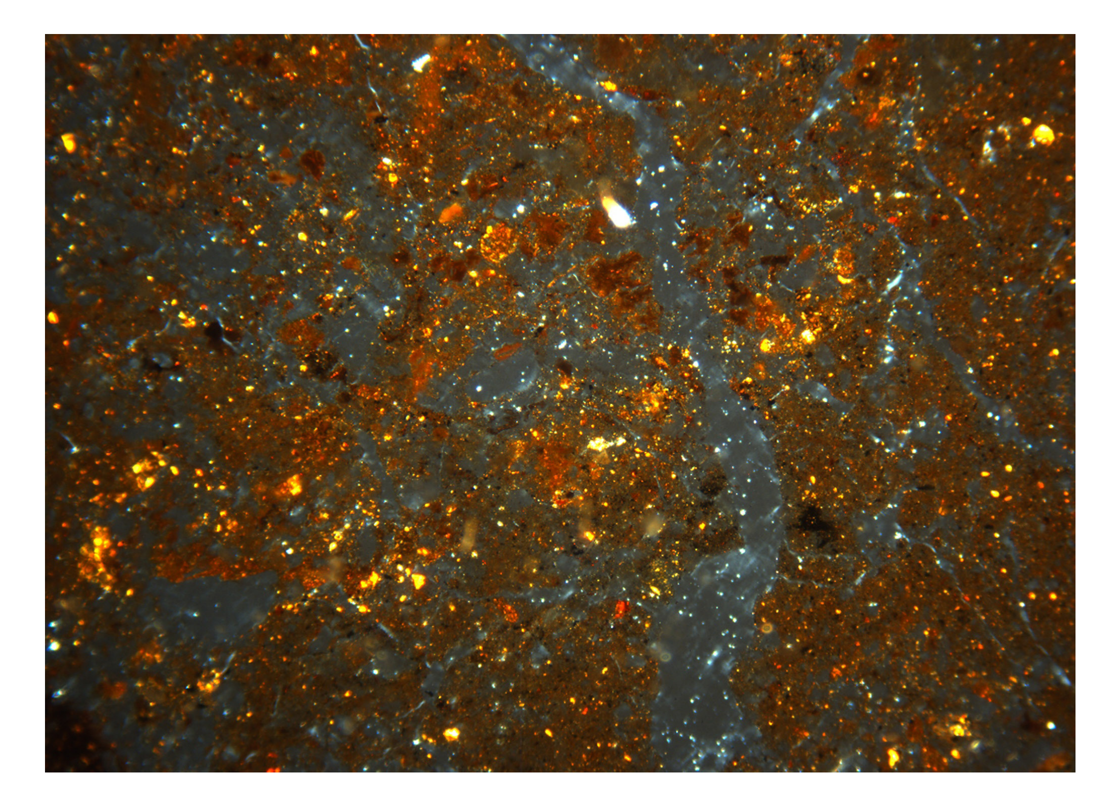


Figura 18

Microfotografía del sediment aglutinado arcillo-limoso, muestra 5B1 (ancho de cuadro 4,5mm; luz polarizada cruzada)

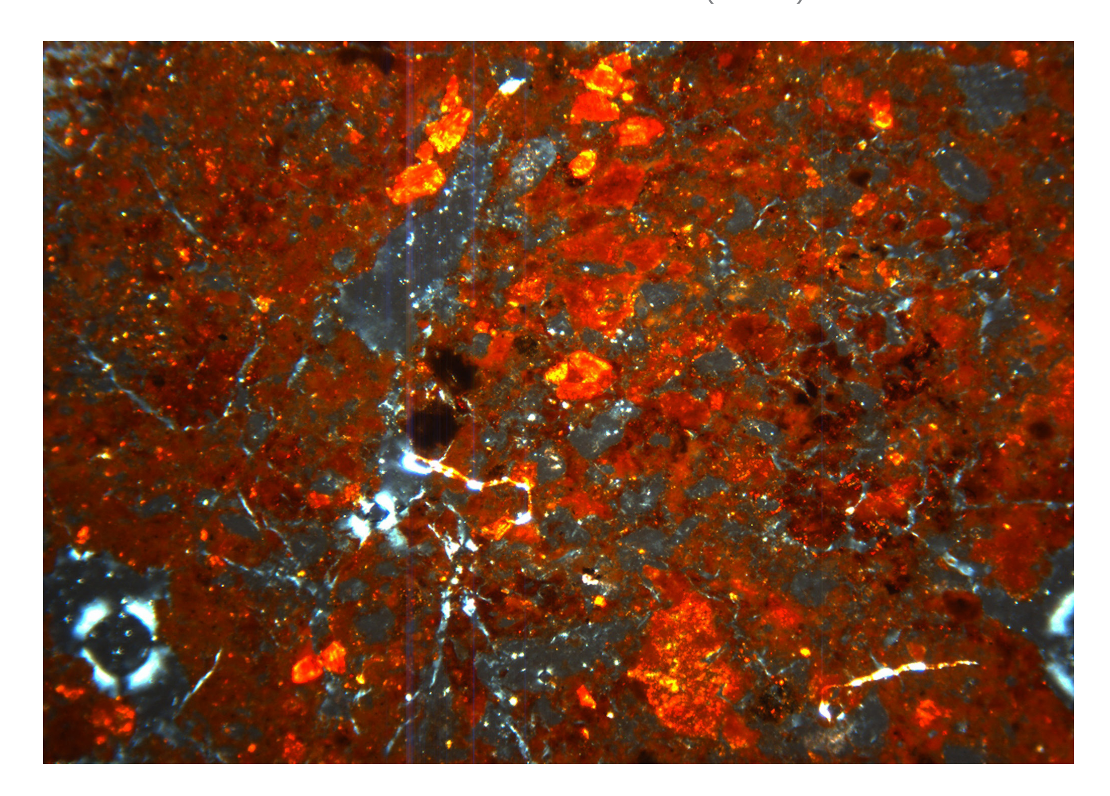


Figura 19

Microfotografía del sedimento principal con fuerte impregnación de sesquióxido amorfo y agregados comunes de arcilla pura de doble refracción, muestra 5B1 (ancho del cuadro = 4,5mm; luz polarizada cruzada)

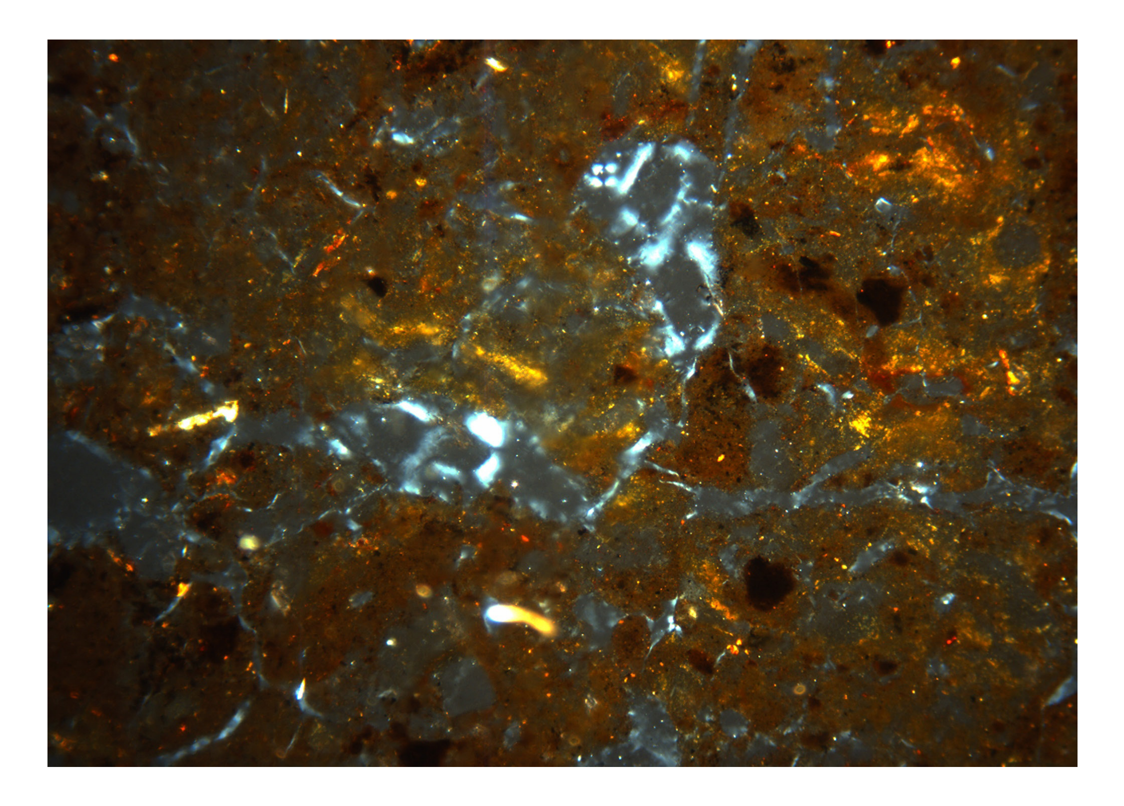


Figura 20

Microfotografía de arcilla dorada pura y en polvo, de escasa a mediana doble refracción, muestra 5B1 (ancho del cuadro = 4,5mm; luz polarizada cruzada)

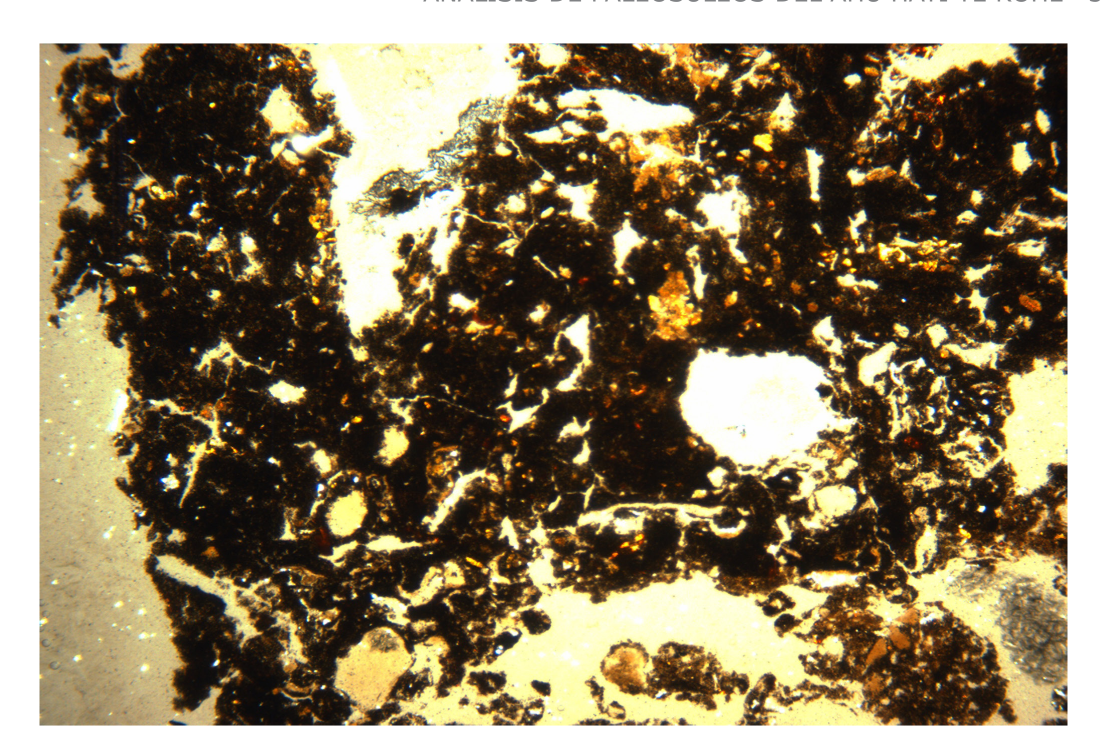


Figura 21

Microfotografía de materia orgánica bioturbada, negra humedecida, con escasos componentes de arcilla y limosa y arcilla en forma de pequeños agregados, muestra 5B1 (ancho del cuadro = 4,5mm; luz plana polarizada)

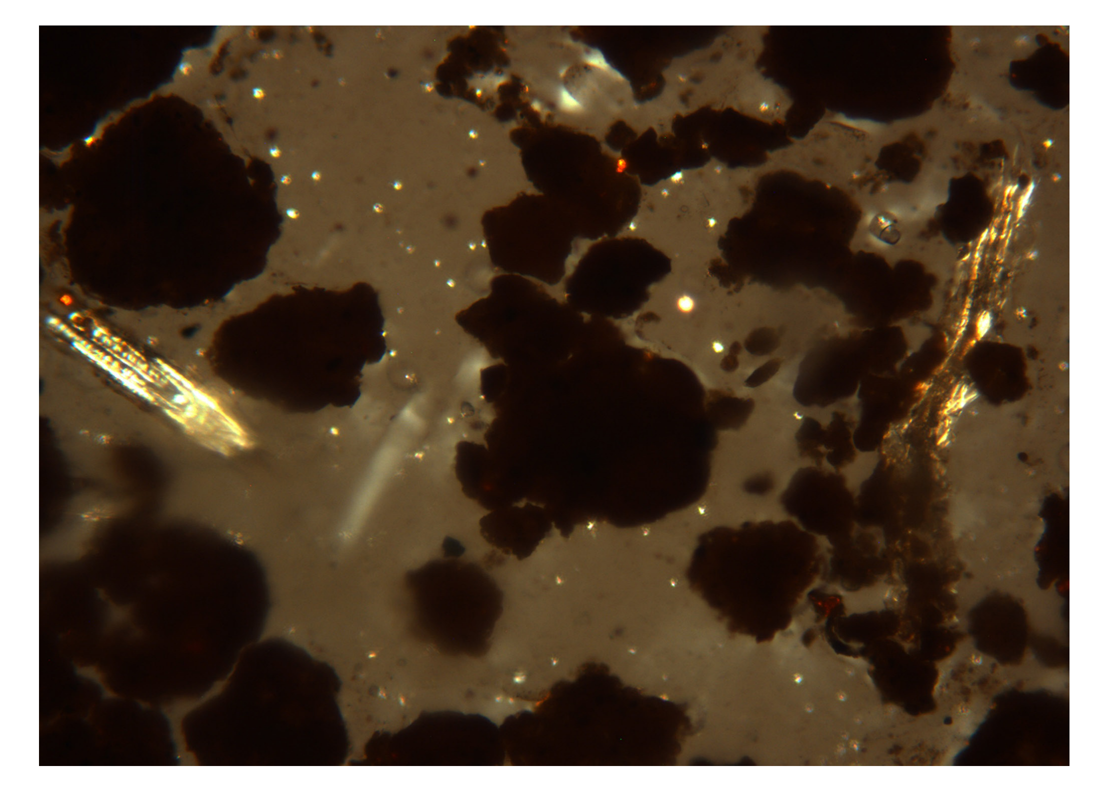


Figura 22

Microfotografía de fragmentos de material vegetal (o fitolitos), posiblemente de gramíneas, muestra 8A1 (ancho del cuadro = 2,25mm; luz polarizada cruzada)

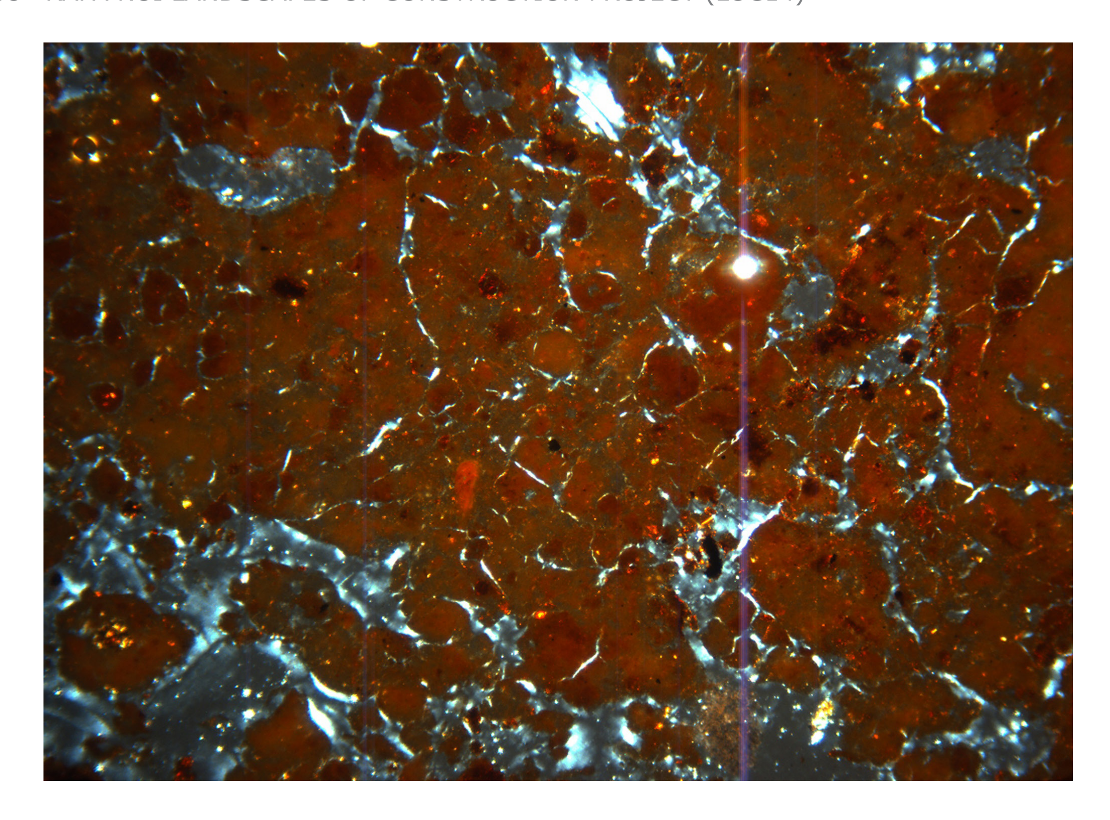


Figura 23

Microfotografía de arcilla limosa dorada a café-rojiza, muestra 8B1 (ancho del cuadro = 4,5mm; luz polarizada cruzada)

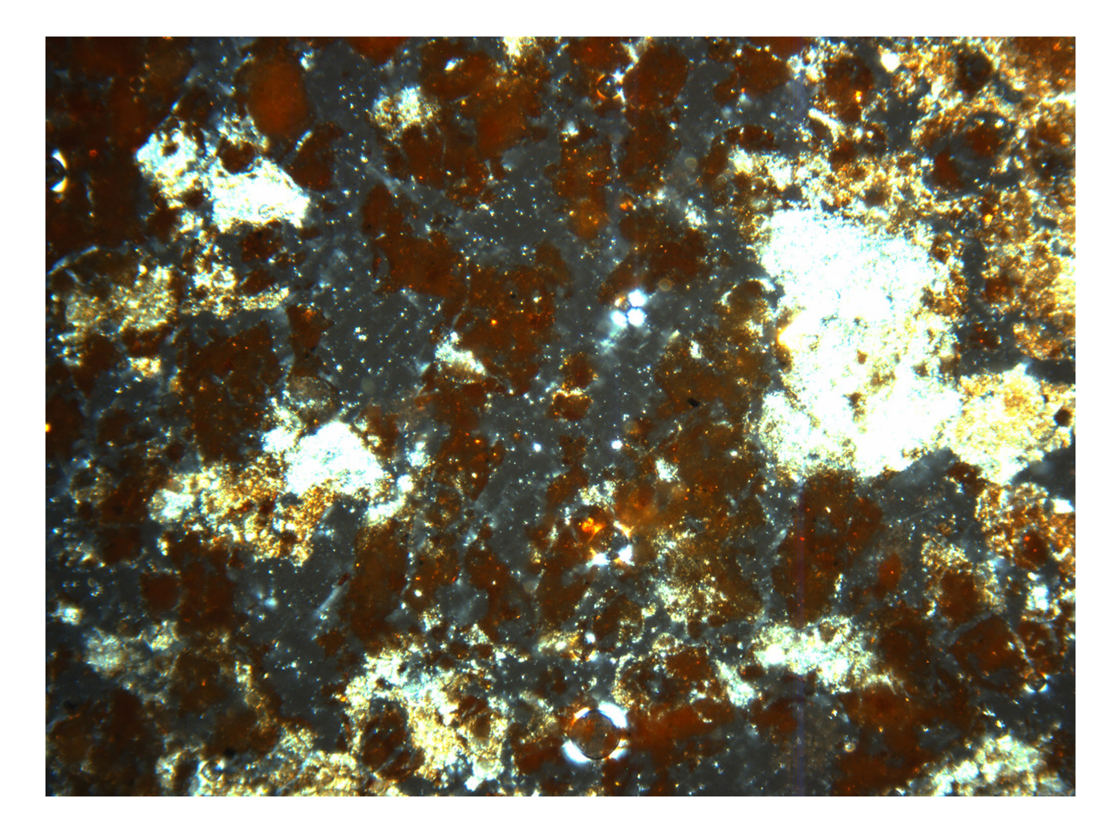


Figura 24

Microfotografía de la arcilla limosa enrojecida con un componente de tefra cenicienta como agregados o zonas irregulares, muestra 8B2 (ancho del cuadro = 4,5mm; luz polarizada cruzada)

Referencias

ARNOLD, M., ORLIAC, M., VALLADAS, H. 1990. Données nouvelles sur la disparition du palmier (cf. *Jubaea*) de l'Ile de Pâquesin. Esen-Baur, H. (ed.), *State and Perspectives of Scientific Research in Easter Island Culture*, 217–219. Frankfurt am Main: Courier Forschungsinstitut Senckenberg.

BAKER, P., BUCKLEY, F., HOLLAND, J. 1974. Petrology and geochemistry of Easter Island. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **44(2)**, 85–100.

BOWDERY, D. 2015. An enigma revisited: identification of palm phytoliths extracted from the 1983 Rapa Nui, Rano Kao2 core. *Vegetation History and Archaeobotany* **24**, 455–66.

BRIDGES, E. 1978. *World Soils* (2nd ed.). London: Longman.

BRINKMAN, R., JONGMANS, A., MIEDEMA, R., MAASKANT, P. 1973. Clay decomposition in seasonally wet, acid soils: micromorphological, chemical and mineralogical evidence from individual argillans. *Geoderma* **10**, 259–70.

BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G., TURSINA, T. 1985. *Handbook for Soil Thin Section Description*. Wolverhampton: Waine Research.

CANELLAS-BOLTA, N., RULL, V., SAEZ, A., PREBBLE, M., MARGALEF, O. 2014. First records and potential palaeoecological significance of *Dianella* (Xanthorrhoeaceae), an extinct representative of the native flora of Rapa Nui (Easter Island). *Vegetation History and Archaeobotany* **23**, 331–38.

COLOMBO, C., PALUMBO, G., SELLITTO, V., TERRIBILE, F., GERARD, M., STOOPS, G. 2007. Characteristics and genesis of volcanic ash soils in Southern Central Italy: Phlegreaen Fields (Campania) and Vico Lake (Latium). Arnalds, O., Bartoli, F., Buurman, P., Garcia-Rodeja, E., Oskarsson, H., Stoops, G. (eds), *Soils of Volcanic Regions of Europe*, 197–230. Berlin: Springer Verlag.

COURTY, M-A., GOLDBERG, P., MACPHAIL, R. 1989. *Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.

CRANWELL, L. 1953. New Zealand Pollen Studies. The monocotyledons. *Bulletin of the Auckland Institute and Museum* **3**, 1–91.

CUMMINGS, L. 1998. A review of recent pollen and phytolith studies from various contexts on Easter Island. Stevenson, C., Lee, G., Morin, F. (eds), *Easter Island in Pacific Context*, 100–106. South Seas Symposium. Proceedings of the Fourth International Conference on Easter Island and East Polynesia. University of New Mexico, Albuquerque, 5–10 August 1997. Los Osos, CA: The Easter Island Foundation, Bearsville and Cloud Mountain Press.

DELHON, C., ORLIAC, C. 2010. The vanished palm trees of Easter Island: new radiocarbon and phytolith data. Wallin, P., Martinsson-Wallin, H. (eds), *Easter Island and the Pacific: Migration, Identity, and Cultural Heritage*, 97–110. The Gotland Papers. Selected papers from the VII International conference on Visby. Visby: Gotland University Press.

DIMBLEBY, G. 1985 *The Palynology of Archaeological Sites.* London: Academic Press.

DRANSFIELD, J. 1991 *Paschalococos disperta* J. Dransfield, gen. et sp nov. Zizka. G. (ed.), *Flowering plants of Easter* Island, 64–65*.* Frankfurt am Main: Palmarum Hortus Francofurtensis, Scientific Reports **3**.

DRANSFIELD, J., FLENLEY J., KING S., HARKNESS, D., RAPU, S. 1984. A recently extinct palm from Easter Island. *Nature* **312**, 750–52.

DUBOIS, A., LENNE, P., NAHOE, E., RAUCH, M. 2013. *Plantas de Rapa Nui. Guia illustrada de la Flora de interes Ecologico y Patrimonial.* Santiago: Umanga mo te Natura, CONAF, ONF International.

DUBROEUCQ, D., GEISSERT, D., BAROIS, I., LEDRU, M. 2002. Biological and mineralogical features of Andisols in the Mexican volcanic highlands. *Catena* **49**, 183–202.

DUDGEON, J., TROMP, M. 2014. Diet, geography and drinking water in Polynesia: microfossil research from archaeological human dental calculus, Rapa Nui (Easter Island). *International Journal of Osteoarchaeology* **24**, 634–48.

FLENLEY, J. 1979. Stratigraphic evidence of environmental change on Easter Island. *Asian Perspective* **22**, 33–40.

FLENLEY, J. 1993. *The Paleocology of Easter Island and its ecological disaster.* Fischer, S. (ed.), *Easter Island studies. Contribution to the history of Rapa Nui in memory of T. Mulloy*, 27–45. Exeter: The Short Run Press.

FLENLEY, J. 1996. Further evidence of vegetational change on Easter Island. *South Pacific Study* **16**, 135–41.

FLENLEY, J., BUTLER, K. 2018. New interpretations of pollen data from Easter Island. Haoa Cardinali S., Ingersoll K., Ingersoll D., Stevenson C. (eds), *Cultural and Environmental Change on Rapa* Nui, 74–86. Abingdon, NY: Routledge.

FLENLEY, J., KING A. 1984. Late Quaternary pollen records from Easter Island. *Nature* **307**, 47–50.

FLENLEY, J., KING A., TELLER J., PRENTICE M., JACKSON J., CHEW C. 1991. The late quaternary vegetational and climatic history of Easter Island. *Journal of Quaternary Science* **6**, 85–115.

FLENLEY, J., BAHN, P. 2007a. Conflicting views of Easter Island. *Rapa Nui Journal* **21**, 11–13.

FLENLEY, J., BAHN, P. 2007b. Ratted out. *American Scientist* **95**, 4–5.

FRENCH, C. 2017 forthcoming. Puna Pau, Easter Island: Preliminary soil micromorphological analysis. *Rapa Nui Landscapes of Construction Interim Reports* **17**.

GERASIMOVA, M., LEBEDEVA-VERBA, M. 2010. Topsoils – Mollic, takyric and yermic horizons. Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F. (eds), *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*, 351–368. Amsterdam: Elsevier.

GOLDBERG, P., MACPHAIL, R. 2006. *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Oxford: Blackwells Scientific.

HEUSSER, C. 1971. *Pollen and Spores of Chile.* Tucson, AZ: The University of Arizona Press.

HORROCKS, M., WOZNIAK, J. 2008. Plant microfossil analysis reveals disturbed forest and mixed-crop, dryland production system at Te Niu, Easter Island. *Journal of Archaeological Science* **35**, 126–42.

HUNTER-ANDERSON, R. 1998. Human vs. climatic impacts at Rapa Nui, Did people really cut down all those trees? Stevenson, C., Lee, G., Morin, F. (eds), *Easter Island in Pacific context: South Seas Symposium*, 95–99. Proceedings of the Fourth International Conference on Easter Island and East Polynesia, Albuquerque. Los Ossos, CA: Easter Island Foundation.

HUNT, T. 2006. Rethinking the fall of Easter Island. *American Scientist* **94**, 412–19.

HUNT, T. 2007. Rethinking Easter Island's ecological catastrophe. *Journal of Archaeological Science* **34**, 485–502.

HUNT, T., LIPO, C. 2006. Late colonization of Easter Island. *Science* **311**, 1603–1606.

HUNT, T., LIPO, C. 2007. Chronology, deforestation, and "collapse", evidence vs. faith in Rapa Nui prehistory. *Rapa Nui Journal* **21**, 85–97.

JACKSON, J., MEHL, J., NEUENDORF, K. 2005. *Glossary of Geology*. Alexandria, VA: American Geological Institute.

KHAMNUEVA, S., MIETH, A., DREIBRODT, S., OUT, W., MADELLA, M., BORK, H-R. 2018. Interpretation of prehistoric reddish pit fillings on Easter Island: A micromorphological perspective. *Spanish Journal of Soil Science* **8**, 236–57.

KUHN, P., AGUILAR, J., MIEDEMA, R. 2010. Textural features and related horizons. Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F. (eds), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, 217–50. Amsterdam: Elsevier.

LINDBO, D., STOLT, M., VEPRASKAS, M. 2010. Redoximorphic features. Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F. (eds), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, 129–47. Amsterdam: Elsevier.

LOC (UCL RAPA NUI LANDSCAPES OF CONSTRUCTION PROJECT). 2016. Prospección en Poike 2016. *UCL Rapa Nui Landscapes of Construction Project Interim Reports* **13**. https://archive.org/details/LOC13ProspeccinenPoike2016espanol [accessed 13th March 2019].

LOC (UCL RAPA NUI LANDSCAPES OF CONSTRUCTION PROJECT). 2017. Informe preliminar de la extracción de muestras de sedimento para análisis palinológico y micromorfológico, extraidas por el UCL Rapa Nui Landscapes of Construction Project (LOC) en el entorno de Ahu Hati te Kohe, Poike, Enero 2017. https://archive.org/details/LOCPoikePreliminary2017EspanolyIngles [accessed 13th March 2019].

MANN, D, EDWARDS, J., CHASE J., BECK., W, REANIER, R., MASS, M., FINNEY, B., LORET, J. 2008. Drought, vegetation change, and human history on Rapa Nui (Isla de Pascua, Easter Island). *Quaternary Research* **69(1)**, 16–28.

McCALL, G. 1993. Little Ice Age: some speculations for Rapanui. *Rapa Nui Journal* **7**, 65–70.

MIETH, A., BORK, H-R. 2003. Prehistoric land use on Poike Peninsular, Easter Island, Rapa Nui. *Rapa Nui Journal* **16(2)**, 89–95.

MIETH, A., BORK, H-R. 2010. Humans, climate or introduced rats—which is to blame for the woodland destruction on prehistoric Rapa Nui (Easter Island)? *Journal of Archaeological Science* **37(2)**, 417–26.

MOORE, P., WEBB, J. 1978. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. London: Hodder and Stoughton.

MOORE, P., WEBB, J., COLLINSON, M. 1991. *Pollen Analysis*, 2nd edn. Oxford: Blackwell Scientific.

MULROONEY, M. 2013. An island-wide assessment of the chronology of settlement and land use on Rapa Nui (Easter Island) based on radiocarbon data. *Journal of Archaeological Science* **40(12)**, 4377–99.

MURPHY, C. 1986. *Thin section preparation of soils and sediments*. Berkhamsted: A.B. Academic.

RULL, V., CAÑELLAS-BOLTÀ, N., SÁEZ, A., GIRALT, S., PLA, S., MARGALEF,

O. 2010. Paleoecology of Easter Island: evidence and uncertainties. *Earth Science Reviews* **99**, 50–60.

POMIES, M-P., MENU, M., VIGNAUD, C. 1999. Red palaeolithic pigments: natural hematite or heated goethite? *Archaeometry* **41(2)**, 275–85.

SALGUERO, M., MENOZA, C., RODRIGUEZ, A., CALDAS, E. 1985. Polygenesis on deeply weathered basalt, Gomera (Canary Islands): from ferrallitization to salinization. Caldas, E., Yaalon, D. (eds), Volcanic Soils: Weathering and landscape relationships of soils on tephra and basalt*. Catena Supplement* **7**, 131–51.

SEDOV, S., SOLLEIRO-REBOLLEDO, E., GAMA-CASTRO, J. 2003. Andosol to Luvisol evolution in Central Mexico: timing, mechanisms and environmental setting. *Catena* 54, 495–513.

SEDOV, S., STOOPS, G., SHOBA, S. 2010. Regoliths and soils on volcanic ash. Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F. (eds), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, 275–303. Amsterdam: Elsevier.

SELLING, O. 1946. *Studies in Hawaiian Pollen Statistics. Part I. The spores of the Hawaiin Pteridophytes.* Bernice P. Honolulu, HI: Bishop Museum Special Publication **37**.

SELLING, O. 1947 *Studies in Hawaiian Pollen Statistics. Part II. The Pollens of Hawaiian Phanerograms.* Honolulu, HI: Bernice P. Bishop Museum Special Publication **38**.

Selling, O.H. 1955.

STEVENSON, C., HAOA CARDINALI, S. 2006. Archaeological investigations at a coastal plain habitation site. Stevenson, C., Haoa Cardinali, S. (eds), *Prehistoric Rapa Nui. Landscape and Settlement Archaeology at Hanga* Ho'onu, 79–126. Los Osos, CA: Easter Island Foundation.

STOOPS, G. 2003. *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Madison, WI: Soil Science Society of America.

STOOPS, G., MARCELINO, V., MEES, F. (eds). 2010. *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Amsterdam: Elsevier.

Torrent, J. Schwertmann, U., Schulze, D. 1980. Iron oxide mineralogy of some soils of two river terrace sequences in Spain. *Geoderma* **23**, 191–208.

WADLEY, L. 2009. Post-depositional heating may cause over-representation of red-coloured ochre in Stone Age sites. *The South African Archaeological Bulletin* **64**, 166–71

W.R.B. 2014. *World Reference Base for Soil Resources*. World Soil Resources Report **106**. Rome: FAO.

Appendix 1: Pollen method

Pollen sub-samples were processed using standard techniques for the extraction of the sub-fossil pollen and spores (Moore and Webb 1978; Moore *et al.* 1992) but with the addition of micro-mesh sieving and differential settling to aid removal of fine (clay and fine silt) and coarse mineral matter. Because pollen is not abundant in the samples analysed, larger than normal (5ml volume) were used and, as a consequence, of the small numbers, where preservation permitted a pollen sum of *c.*200 grains was counted for each sample. Fern spores were also counted outside of the basic pollen sum. The pollen diagrams (**Figures 3, 6** & **8**) were plotted using Tilia and Tilia View. Percentages for the individual taxa have been calculated as follows:

Sum = % total pollen
Spores = % total pollen + sum of spores.
Fungal spores (profile P1_S8a) as the counted number per sample.

Pollen and spore taxonomy is discussed in Appendix 2.

These preparation procedures were carried out in the Palaeoecology Laboratory of Geography and Environment, University of Southampton. Pollen reference material was available and the pollen floras of Chile (Heusser 1971), Hawai'i (Selling 1946, 1947) and New Zealand (Cranwell 1952) proved helpful.

Appendix 2: Pollen taxonomy and taphonomy

Comments regarding the pollen identification and taxonomy are given.

There is now a substantial number of pollen diagrams from Rapa Nui. These data have come primarily from the sediment fill of the principal crater lakes of Rano Aroi, Rano Kao and Rano Raraku. Exceptions to this are the few soil and archaeologically based pollen and phytolith analyses. These studies use similar palynological typology which is based primarily on the initial, pioneer study by Flenley.

Dubois *et al.* 2014 provide the most detailed and useful account of the Islands flora today.

A2.1 Fern/Pteridophyte spores

Characteristic of the somewhat impoverished flora which existed prior to human intervention, thought to be 45/46 plant species, is the diversity of fern taxa and the resulting diversity of spore types encountered in analysis. In recent times, 14 fern taxa have been recorded. Spores recorded in the soil and sediment analyses may derive from now extinct endemic fern taxa. In certain cases the numbers of the spores recovered may also be due to differential preservation of these largely robust forms in the poorer preserving conditions of the soil.

Details of recognised types and possible fern taxa represented are given.

A2.1.1 Monolete Pteropsida forms:

Type 1: Psilate. Thelypteridaceae, Aspelniaceae, Blechnaceae, Aspleniaceae (**Figure 8.1**)
Type 2: Psilate with sinuous laesura/colpus
Type 3: Psilate. Small, elongate. cf *Psilotum.*
Type 4: Verrucate to almost echinate. Polypodiaceae (**Figure 8.2**)

A2.1.2 Trilete forms

A2.1.2.1 Round:
Ophioglossaceae (**Figure 8.6(?)–7**)

A2.1.2.2 Triangular:
Psilate. Not with concave wall (inter-amb) (**Figure 8.4**)
Type 2: Concave wall (inter-amb). *Pteris* (**Figure 8.3**)
Type 3: Granulate laesurae with, in some cases, outer ornamentation (corona) (**Figure 8.5**).
Echinate/foveolate: ?*Lycopodiaceae* (**Figure 8.8**)
Reticulate-foveolate: ?*Lycopodiaceae-Anthoceros* (**Figure 8.9**)
Rugulate-verrucate: *Botrychium*
Scabrate:

A2.2 Pollen

Compared with the diverse pollen flora obtained from the lacustrine sites, that from the soil pollen analysis, as might be expected, is much less. This is a function of poorer pollen preserving conditions but more typically the fact that pollen input comes largely from the on and very near site plant growth. Here, in profiles S1 and S2, pollen is dominated by Palmae whereas S8a comprises largely Poaceae (grasses).

The former is divided into two possible pollen types. Type 1 (**Figure 8.14**) is more clearly of Palmae which may be attributed to the now extinct Easter Island Palm (*Paschalococos disperta*). Originally, this palm was referred to as the Chilean/wine Palm (*Jubaeachilensis*) based on palm nuts found in cave (Dransfield 1984) and probably the closest living relative. Because there was no direct link with *Jubaea*, the palm was later renamed *Paschalococos disperta* by Dransfield (1991).

The pollen of this type is typically monocolpate-scabrate and as noted, attains very high percentage totals. Palmae type 2 is more enigmatic. This taxon is similarly monocolpate but with a less robust sculptural morphology being largely columellate or faintly verrucate-pseudo reticulate (figure 4.15). Examination of pollen floras for Chile (Heusser 1971), Hawaii (Selling 1946) and New Zealand (Cranwell 1952) show similar morphology from Palmae and also Amaryllidaceae and Liliaceae (*Cordyline, Dracaena*?). At present caution is required regarding Palmae type 2 although it is also possible that these grains may be immature pollen. Numbers are small relative to type 1, the *Paschalococosdisperta.*

Asteraceae have been recovered from the older profiles S1 and S2. These include small numbers of Tubuliflorae and were similarly noted by Flenley. It is not possible to identify these to a lower taxonomic order but it is probable that the producer was a shrub rather than a low growing herb which formed part of the understorey to the palm woodland.It is noted that no Asteraceae types were identified from the grass-dominated habitat which is represented in P1_S8a.

Pollen of Malvaceae occurs sporadically in the three profiles. This is not identifiable to species or even genus level. However, there is a strong possibility that the pollen is referable to the endemic Hau Hau (*Triumfettasemitriloba*), a constituent of the palm community.

Poaceae (grass) pollen is abundant in profile S8a clearly indicating a largely open environment/habitat with perhaps scattered remaining palms. Flenley recorded the size categories of the Poaceae pollen but, unfortunately, this is not diagnostic to genus. The principal grasses present today are species of *Stipa, Nasella, Sporolobus* and *Cynodon* and pollen recovered probably relates to these genera.

An as yet unidentified pollen type was recovered from both of the Ahu Hati te Kohe profiles. This is a trizonocolpate, eureticulate pollen. It is elliptical in (equatorial view) shape and of *c*.30u size. It's association with the substantial palm dominance would suggest that it was a constituent of this woodland understorey. It is, however, thought that this is possibly *Triumfetta triloba.* Taxa, which are known associates of the palm community, include *Sophoratoromiro*, *Sapindus saponaria, Triumfetta triloba, Santalum album, Pittosporum* sp. and *Caesalpina.*

It can be noted that pollen of the interesting tree/shrub Toromiro (*Sophoratoromiro*) of the family Leguminosae was not found. This is not surprising given the small pollen productivity and insect pollination.

Sapindussaponaria (Sapindaceae), *Santalumalbum* (sandalwood), *Macaranga*, *Trema*, Moraceae, Myrtaceae and *Coprosma* have been recorded in other pollen studies (Flenley *et al*.) from the lacustrine sediment.

Appendix 3: Phytoliths

Preparation followed the simple technique of deflocculation and removal of what little humic material was present in the soil using warm Hydrogen peroxide on samples of 2–3 grams weight. Gravity separation/settling was used to exclude coarse and medium silt and fine sand with aliquots taken from different levels of the supernatant liquid and dried on coverslips prior to mounting on microscope slide in Naphrax. Heavy liquid separation would probably prove more effective in concentrating phytolith numbers. These were examined under a standard biological microscope also with phase contrast microscopy.

Appendix 4: Detailed descriptions of the soil thin sections

Sample P1_S1A1

Structure: granular to finely aggregated, sub-rounded, <500um; *Porosity*: 10–20% vughs, sub-rounded to irregular to interconnected; *Mineral components*: all fine fraction; <2% very fine quartz sand, 50–100um, sub-rounded; 10% silt; >80% clay in groundmass, non-birefringent; *c*. 5% pure to dusty clay as speckles, streaks and small aggregates in groundmass, <500um, moderate birefringence, gold (CPL); strong red to reddish orange (CPL), dark reddish brown (PPL); *Organic component*: 5% charred punctuations, <50um; *Fabric*: at least three lenses of denser fabric over 1–2mm in thickness, marked by finer/coarse aggregates at 3.5, 4 and 7.5cm down-slide; *Amorphous*: whole groundmass with strong/very strong amorphous sesquioxide staining, red to reddish orange to black (CPL).

Sample P1_S1A2

The same as for sample 1A/1 above, except for:

Structure: most of slide exhibits micro-laminations of granular fabric, <500um thick; two zones of denser fabric over 2mm in thickness, marked by finer/coarse aggregates at 1 and 8.5cm down slide; *Amorphous*: few sesquioxide nodules, <500um, reddish black (CPL).

Sample P1_S2A1

Structure: granular to finely aggregated, sub-rounded, <500um; *Porosity*: 20–30% vughs, sub-rounded to irregular to interconnected; *Mineral components*: all fine fraction; <2% very fine quartz sand, 50–100um, sub-rounded; 10% silt; >80% clay in groundmass, non-birefringent; *c*. 5% pure to dusty clay as speckles, streaks and small aggregates in groundmass, <500um, moderate birefringence, gold (CPL); strong red to reddish orange (CPL), dark reddish brown (PPL); rare pyroclast, possibly of chloritic altered pyroxene or palagonite weathering on volcanic glass, <1mm, sub-rounded; *Organic component*: 5% charred punctuations, <50um; few (2%) bone fragments, <500um, sub-rounded to irregular, possibly burnt; *Fabric*: one lens of denser fabric, <1mm in thickness, marked by finer/coarse aggregates at 8cm down slide; *Amorphous*: whole groundmass with strong/very strong amorphous sesquioxide staining.

Sample P1_S2B1

The same as for Sample 2A/1 above, except for:

Fabric: three lenses between 3 and 5 cm down-slide, <4mm thick, of horizontal fragments of partly charred/uncharred plant tissues, horizontal, some surface crusting with silt, some replaced by birefringent clay, orangey red/black (CPL/PPL).

Sample P1_S2B2

The same as for Sample 2A/1 above, except for:

Mineral components: rare basaltic glass fragment, possibly tachylytic rock with plagioclase laths, <3mm, sub-rounded to irregular.

Sample P1_S5A1/1

Three mixed fabric units: Main fabric unit 1: *c*. 80% of slide; *Structure*: granular to aggregated, sub-rounded to irregular, <5mm; *Porosity*: 10% vughs, <1.5mm; 2% channels, <1cm long, <500um wide, smooth, accommodated; *Mineral components*: >90% silty clay, non-birefringent, with 30–50% very strong amorphous sesquioxide staining; 10% pure clay aggregates, <250um, moderate birefringence; gold to reddish gold (CPL); Fabric unit 2: *c*. 10% of slide, irregular zone within Fabric unit 1; black pellety, humified organic matter, with pure clay in many voids, weak birefringence; Fabric unit 3: above fabric unit 1: 10% of slide; pellety turf fabric, *c*. 50–70% replaced with strong amorphous sesquioxide staining and of non-birefringent silty clay, gold (CPL); reddish black to gold (CPL).

Sample P1_S5A2/2

Four fabric units: Upper fabric unit 1: as for fabric unit 1 above, with up to 25% organic/charred punctuations; base marked by 2–3mm thick lens of golden brown silty clay; distinct boundary; Lower fabric unit 2: as for Fabric units 1 and 4; rare (<1%) fragments of basaltic glass, <2mm, irregular to sub-rounded; rare basaltic glass fragments, irregular to sub-rounded, 2mm; distinct boundary over 2–4mm marked by strong zone of strong amorphous sesquioxide staining; Fabric unit 3: *c*. 25–50% of fabric unit 2, as irregular zones, <1cm, of clay to dusty clay, golden brown (CPL), moderately birefringent; *c*. 35–50% fragments of tephra ash, <8mm, irregular, all orientations; distinct boundary; Fabric unit 4: as for Fabric unit 1, <5% of groundmass on righthand side of slide, with very red groundmass (CPL/PPL); disturbed/root channel?

Sample P1_S5B1

Four fabric units: fabric 1: *c*. 60% of total groundmass; *Structure*: moderately well developed small, sub-angular blocky, <10mm; with granular to finely aggregated microstructure, sub-rounded, <500um; *Porosity*: 5% very fine channels, <2cm long, <500um wide, accommodated, smooth; *Mineral components*: 5% very fine quartz sand, 50–100um, sub-rounded; 85% silty clay, non-birefringent; 10% pure to dusty clay, weak birefringence; orangey/reddish gold (CPL), yellowish to reddish brown (PPL); *Organic components*: 5–10% charcoal fragments, <500um; 10% organic punctuations, <50um; *Amorphous*: 10% strong amorphous sesquioxide staining, 90% moderate staining; then mixture of fabrics 2, 3 and 4 below; fabric 2: *c*. 20% of total groundmass; *Structure, Porosity and Mineral components*: as for fabric 1; *Amorphous*: whole fabric with strong to very strong amorphous sesquioxide staining; crimson to orangey red to dark red (CPL); fabric 3: *c*. 15% of total groundmass; *Structure*: irregular small fragments to granular, <1mm; *Porosity*: 10–20% fine, irregular, interconnected vughy; *Organic and Mineral components*: 55–60% highly humic organic matter; 10% fine to very fine quartz sand, 50–250um, sub-rounded; 5–10% pyroclastic fragments, <500um, irregular; 10% non-birefringent dusty clay; 5–10% as weakly birefringent very fine sand-size clay aggregates; 5% dusty clay linings of voids; red/black (CPL), black (PPL); fabric 4: 5% of total groundmass; *Structure, Porosity*: as for fabric 1, but *Mineral components*: <2% very fine quartz sand, 50–100um; 96% dusty clay, non-birefringent; golden brown (CPL/PPL); *Textural*: few (2%) dusty clay void linings, weakly birefringent, gold (CPL).

Sample P1_S5B2

As for Sample 5B1 above, with same 4 fabrics: fabric 1: 50% of total groundmass; fabric 2: 20%; fabric 3: 25%; fabric 4: 5%; *Amorphous*: very strong amorphous sesquioxide staining of 25–50% of fabrics 1 and 2.

Sample P1_S8A1

Structure: 80–90% granular to finely aggregated, sub-rounded, <500um; *Porosity*: 5% vughs, sub-rounded to irregular, <2mm; 10–20% interconnected vughs; <1% channels, <6cm long, <500um wide, vertical/horizontal, accommodated; *Mineral components*: all fine fraction; 2% very fine quartz sand, 50–100um, sub-rounded; 98% silty clay, non-birefringent; rare (<1%) basaltic rock/pyroclastic fragments, <2mm, irregular; red (CPL), dark reddish brown (PPL); *Organic component*: 5% charred punctuations, <50um; few (<1%) silicified plant tissue fragments with evident cell structure (phytoliths), probably grass; *Amorphous*: whole groundmass with strong/very strong amorphous sesquioxide staining.

Sample P1_S8A2

Same as above, except for:
Organic components: 1% charcoal, <3mm, partly oxidised.

Sample P1_S8B1

Structure: granular to finely aggregated microstructure, sub-rounded, <4mm; *Porosity*: 5% very fine channels, <5cm long, <50um wide, accommodated, smooth; *Mineral components*: 5% very fine quartz sand, 50–100um, sub-rounded; occasional (2–5%) basaltic vitric tephra fragments/zones, <2mm, irregular to sub-rounded; 80% silty clay, non-birefringent; 10% pure to dusty clay, weak birefringence; orangey/reddish gold (CPL), yellowish to reddish brown (PPL); *Organic components*: <1% charcoal fragments, <3mm; *Fabric*: rare (<1%) aggregate of mix of micrite and silty clay, <8mm at base of slide; *Amorphous*: up to 30% with strong amorphous sesquioxide staining, 70% moderate staining.

Sample P1_S8B2

Structure: granular to finely aggregated microstructure, sub-rounded, <4mm; *Porosity*: 5% very fine channels, <5cm long, <50um wide, accommodated, smooth; *Mineral components*: 5% very fine quartz sand, 50–100um, sub-rounded; 10–50% basaltic vitric tephra in irregular zones and aggregates, <2mm, irregular; 35–75% silty clay, non-birefringent; 10% pure to dusty clay, weak birefringence; orangey/reddish gold (CPL), yellowish to reddish brown (PPL); *Organic components*: <1% charcoal fragments, <3mm; *Textural*: few (<2%) gold/pure clay fragments, <250um, strong birefringence; *Fabric*: few (<1%) aggregate/zones of mix of tephra ash and silty clay; *Amorphous*: up to 10% with very strong amorphous sesquioxide staining, 90% moderate staining; occasional (2–5%) continuous to discontinuous void infill with tephra ash.